



La croissance des budgets-temps de transport en question : nouvelles approches

Iragaël Joly, Karl Littlejohn, Vincent Kaufmann

► To cite this version:

Iragaël Joly, Karl Littlejohn, Vincent Kaufmann. La croissance des budgets-temps de transport en question : nouvelles approches. 2006. halshs-00174992

HAL Id: halshs-00174992

<https://shs.hal.science/halshs-00174992>

Submitted on 26 Sep 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**Laboratoire d'Economie
des Transports**

Unité Mixte de Recherche du CNRS n° 5593
Université Lumière Lyon 2 - ENTPE



LA CROISSANCE DES BUDGETS-TEMPS DE TRANSPORT EN QUESTION : NOUVELLES APPROCHES

Rapport final de recherche

Préparé pour le PREDIT - Groupe Opérationnel n°1

Suivant le bon de commande : BC04000427 du 29/10/2004

Rédigé par :

Iragaël JOLY (LET), Karl LITTLEJOHN (LASUR) et Vincent KAUFMANN (LASUR)

S.l.G. par Nicolas OVTRACHT et Valérie THIEBAUT (LET)

Equipe de recherche :

LASUR : Vincent Kaufmann, Karl Littlejohn, Julie Barbey, Christophe Jemelin (LASUR, EPFL)

LET : Alain Bonnafous, Patrick Bonnel, Iragaël Joly, Aurélie Mercier, Nicolas Ovtracht, Valérie Thiébaud (Laboratoire d'Economie des Transports, Université Lyon 2, CNRS et ENTPE)

Décembre 2006

LABORATOIRE DE SOCIOLOGIE URBAINE (EPFL)

A L'ECOLE POLYTECHNIQUE DE LAUSANNE :
EPFL LASUR Bât. BP (2e étage) Poste 16 CH-1015 LAUSANNE Téléphone + 41 21 693 32 32 Télécopie + 41 21 693 38 40

LABORATOIRE D'ECONOMIE DES TRANSPORTS (UMR 5593 CNRS)

A L'UNIVERSITE LUMIERE-LYON 2 :	A L'ECOLE NATIONALE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'ETAT :
LET ISH 14, avenue Berthelot 69363 LYON Cedex 07 Téléphone +33 (0) 4 72 72 64 03 Télécopie +33 (0) 4 72 72 64 48	LET ENTPE rue Maurice Audin 69518 VAULX-EN-VELIN Cedex Téléphone +33 (0) 4 72 04 70 46 Télécopie +33 (0) 4 72 04 70 92

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE	5
PARTIE 1 PRÉSENTATION DES VILLES ET DES DONNÉES.....	10
I. PRÉSENTATION DES VILLES.....	11
II. LES POLITIQUES DE TRANSPORTS URBAINS	15
III. PRÉSENTATION DES DONNÉES ET DE LEUR TRAITEMENT PRÉLIMINAIRE.....	51
CONCLUSION DE LA PARTIE 1	63
PARTIE 2 ANALYSE AGRÉGÉE DES BTT	64
I. COMPARAISON DES MOBILITÉS ENTRE VILLES	66
II. LES RÉGULARITÉS DES BUDGETS-TEMPS DE TRANSPORT	76
CONCLUSION DE LA PARTIE 2	92
PARTIE 3 TEMPS DE TRANSPORT ET TEMPS D'ACTIVITÉS.....	96
I. LE CHOIX D'UNE APPROCHE DE LA MOBILITÉ : L'APPROCHE PAR LES ACTIVITÉS	98
II. UN MODÈLE DE DURÉES APPLIQUÉ AUX BUDGETS-TEMPS DE TRANSPORT.....	112
CONCLUSION DE LA PARTIE 3	162
PARTIE 4 ANALYSE QUALITATIVE DES INDIVIDUS CARACTÉRISÉS PAR DES BUDGETS-TEMPS DE TRANSPORT TRÈS ÉLEVÉS.....	165
I. DISPOSITIF MÉTHODOLOGIQUE	167
II. PROFIL DES PERSONNES INTERROGÉES.....	170
III. ANALYSES DES ENTRETIENS	172
CONCLUSION DE LA PARTIE 4	176
CONCLUSION GÉNÉRALE	178
BIBLIOGRAPHIE.....	183
ANNEXES	192

Introduction Générale

Les budgets-temps de transport sont réputés stables depuis plusieurs décennies (Zahavi, 1979 ; Schafer, 2000). Cette conjecture de Zahavi suppose que la moyenne par agglomération des budgets-temps de transport quotidien est d'une durée invariable d'une heure. Elle est aussi une interprétation de l'observation parallèle des croissances des distances et des vitesses et de la stabilité du budget-temps de transport. En effet, le lien simple entre ces trois grandeurs : $\text{Distance} = \text{Temps} \times \text{Vitesse}$, indique directement qu'à budget-temps constant, une amélioration de la vitesse résulte en l'augmentation de la distance parcourue. C'est donc un réinvestissement total des gains de temps, qui caractérise la gestion des temps de transport.

De façon implicite, ce schéma du réinvestissement rend compte d'une évolution majeure dans la représentation de la mobilité. Le transport n'est plus compris comme un coût que les individus tentent de minimiser. Sous l'hypothèse de Zahavi, les individus tendent à maximiser leur mobilité afin d'accéder à un plus grand nombre d'opportunités, tout en s'accommodant des contraintes pesant sur leurs ressources (Orfeuil, 2000). Ce changement de paradigme constitue très certainement les raisons de l'enthousiasme autour de l'hypothèse de Zahavi et de la question de la stabilité des temps de transport.

La conjecture de Zahavi a tout son sens lorsqu'elle est mise en perspective avec la croissance de la mobilité et la diversité des situations urbaines comparées. D'autant que, l'observation internationale des budgets-temps de transport simultanément à la croissance des distances parcourues au cours de ces trente dernières années, a pu suggérer leur stabilité. D'autre part, l'articulation des temps avec la portée et la vitesse des déplacements quotidiens met en lumière, dans la dynamique urbaine, le rôle du développement des infrastructures routières et de la réduction du coût de déplacement en voiture particulière. Cependant, les budgets-temps de transport n'ont pas été réduits, et au contraire, leur maintien semble avoir accompagné la hausse de la mobilité. L'amélioration des vitesses est dès lors perçue comme le principal facteur de l'intensification de la mobilité.

Sur la base de la comparaison internationale des budgets-temps de transport motorisés, Joly et al. (2003) et Joly (2003) soulèvent l'idée selon laquelle les organisations urbaines se différencient en termes de consommations d'espace et de temps consacrés à leur mobilité motorisée. Ainsi, les villes américaines allient des distances parcourues et des temps de transport motorisé plus élevés que les villes européennes. Pourtant les mobilités américaines sont réalisées pour l'essentiel en modes privés motorisés, donc au moyen de vitesses de déplacement plus rapides. Crozet et Joly (2004) soulignent le paradoxe résultant de cette comparaison : les gains de vitesses ne sont pas utilisés pour passer moins de temps dans les transports. Au contraire, il semble même probable qu'un surinvestissement des gains de temps de transport puisse être à l'œuvre. Les gains de vitesses entretiendraient et intensifieraient les

mobilités motorisées. La gestion des budgets-temps de transport serait alors régie par un effet de cliquet à la baisse.

Les motivations de ces possibles hausses des budgets-temps de transport sont alors à rechercher, d'une part dans les conditions de mobilité propres aux agglomérations, et d'autre part dans les comportements de mobilité. Joly et al. (2004) explorent la question de la représentation de la demande de mobilité exprimée en termes temporels. La demande de budget-temps de transport mise en relation avec l'organisation urbaine souligne la nécessité et les difficultés de l'analyse du comportement de mobilité et de ses interactions avec l'espace urbain.

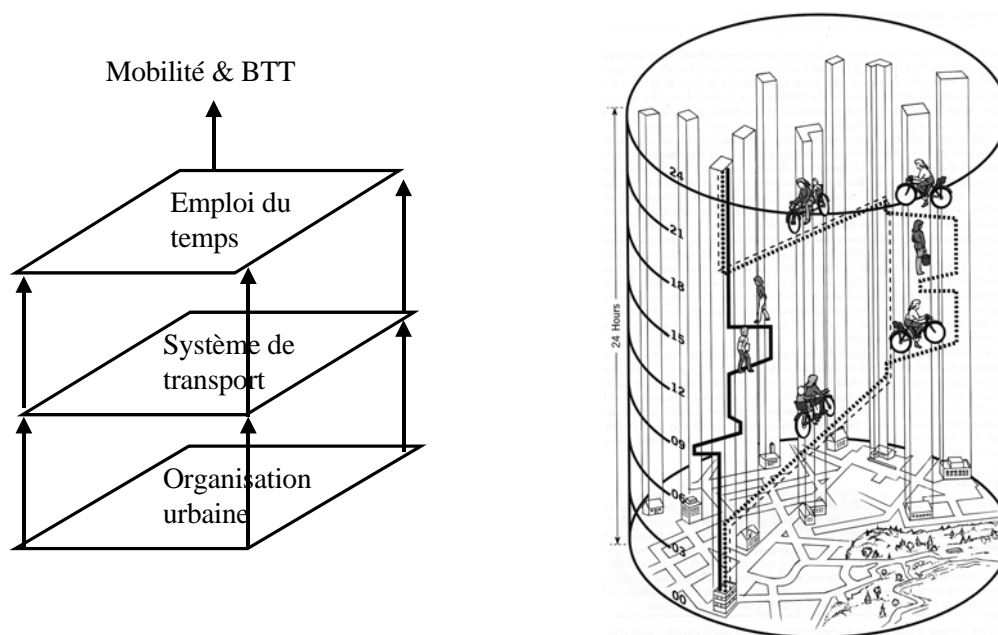
L'inscription de la mobilité dans l'agglomération constitue un défi de l'analyse des interactions entre l'organisation urbaine et les transports. L'analyse fondée sur les budgets-temps de transport apporte une nouvelle vision de ces mécanismes, jusqu'alors peu exploitée dans la littérature. La mise en perspective des indicateurs de mobilité traditionnels (nombre de déplacements, distance parcourue, etc.) avec les budgets-temps de transport illustre un nouvel aspect de la coproduction ville transport. Les mobilités différenciées observées selon les types de systèmes urbains trouvent leurs origines, d'une part dans les morphologies urbaines, les organisations des systèmes de transport, les politiques des transports et urbaines et d'autre part dans les comportements de mobilité qui s'expriment tant en termes monétaires qu'en termes temporels.

Deux voies de recherche sont identifiables et peuvent être explorées.

(1) Tout d'abord, au niveau agrégé, l'analyse des budgets-temps de transport propose une explication du développement urbain en coordonnant vitesse et distance parcourue. Ainsi, les régulations des mobilités, des congestions et du développement urbain sont dépendantes du mode de gestion des budgets-temps de transport, c'est à dire de la façon dont les individus exploitent les vitesses disponibles pour accéder aux opportunités offertes par l'agglomération. L'apparente inflexibilité des budgets-temps de transport semble indiquer un certain nombre de mécanismes qui tendent à réduire l'impact des politiques traditionnelles de régulation, telles que les investissements en infrastructure routière, les tarifications des transports, la densification ou la mixité des espaces urbains. En effet, ces leviers politiques ont pour objectif l'amélioration des conditions de déplacement, soit en agissant directement sur le système de transport, soit en agissant sur l'organisation urbaine et les localisations des aménités urbaines.

(2) Cependant, la gestion paradoxale des budgets-temps de transport souligne l'existence d'une demande latente de mobilité, qui peut être générée par les gains de temps. Afin d'étudier un tel mécanisme, une attention particulière doit donc être apportée à la demande de temps de transport. La deuxième direction explorée dans cette recherche est donc celle de l'allocation du temps au transport. Cette question est traitée en considérant le transport comme une demande dérivée des autres activités, c'est-à-dire dans le contexte de l'approche par les activités (Jones et al., 1990 ; Pas, 1996 ; Pas et Harvey, 1997 ; McNally, 2000). Il convient donc de considérer le schéma suivant. Cette recherche vise donc aussi à étudier le rôle du transport dans les programmes d'activités.

Schéma 1 : Proposition de représentation de la détermination des mobilités



D'après Parkes et Thrift (1980)

Les réflexions menées sur les budgets-temps de transport s'appuient sur les enquêtes des mobilités réalisées en France et en Suisse : les Enquêtes-Ménages Déplacements (EMD) et le Microrecensement (MR). Les exemples suisses et français illustrent souvent une opposition en termes de pratiques de mobilité, les villes suisses étant exemplaires pour leur usage intensif des transports publics, mais au prix de budgets-temps de transport plus élevés. Mais surtout, ces données constituent des outils adaptés à l'étude des mobilités aux niveaux agrégés et désagrégés. Elles paraissent aussi offrir la possibilité d'étudier la position du temps de transport dans les emplois du temps. Ces enquêtes sont menées de façon régulière, ce qui nous permet d'étudier pour chaque ville deux dates consécutives et ainsi d'observer d'éventuels changements dans les pratiques de mobilités, que nous essaierons de mettre en perspectives avec les contextes urbains, ainsi qu'avec les politiques de transports urbains, et leurs évolutions.

Le choix des villes a notamment été guidé par la disponibilité des données sur des périodes relativement proches et par la volonté d'étudier des villes présentant des caractéristiques distinctes en termes de formes urbaines, d'organisation des systèmes de transport, ou de politiques de transport. La base de données étudiée est finalement constituée de trois villes suisses : Berne, Genève, Zurich, chacune observée en 1994 et en 2000 et de quatre villes françaises : Grenoble (1992-2001), Lyon (1985-1995), Rennes (1991-2000), Strasbourg (1988-1997).

Ce rapport a les objectifs suivants :

- l'analyse comparative agrégée des mobilités des 7 agglomérations suisses et françaises sous l'angle des budgets-temps de transport. Le choix de villes différenciables en termes de structures urbaines, de systèmes urbains et de politiques de transport et observables sur une période proche de 1990 à 2000 va permettre de discuter l'évolution comparée des mobilités, en rapport avec le contexte des politiques de transports et des politiques urbaines sur la période.
 - l'analyse désagrégée des budgets-temps de transport et de leurs relations avec le contexte urbain, les attributs socio-économiques individuels et des ménages, et les programmes d'activités. Cette analyse se concentre dans un premier temps sur la mise en lumière des relations de corrélation entre les budgets-temps de transport et les caractéristiques socio-économiques. Pour cela deux approches sont employées et comparées. Tout d'abord, les budgets-temps de transport sont étudiés par plusieurs segmentations selon les caractéristiques socio-économiques. L'approche statistique désagrégée des modèles de durées est employée pour l'étude simultanée des multiples impacts de variables explicatives.
 - L'exploration de la gestion des temps de transport et plus particulièrement sous l'angle du comportement d'allocation du temps. Tout d'abord, les méthodologies économétriques et sociologiques sont mobilisées et soutiennent l'existence d'une gestion paradoxale des temps de transport. L'analyse économétrique désagrégée proposée par les modèles de durées permet d'étudier la gestion du temps de transport, c'est à dire la dynamique temporelle qui anime l'allocation de temps au transport. Pour cela, l'étude des fonctions de hasard éclaire une particularité propre à l'activité transport. En effet, elle semble indiquer que contrairement aux autres types d'activités, la gestion des temps de transport ne tend pas à une réduction (ou une minimisation) de ces durées. Les individus ayant un fort BTT (supérieur à 1h30) ont de plus fortes chances de prolonger leurs durées de transport que les individus ayant des BTT faibles (inférieur à 1 heure). Afin de compléter cette étude, l'approche sociologique met en perspective certaines dimensions qualitatives des pratiques de mobilité qui ne peuvent être considérées dans le modèle. Elles paraissent susceptibles d'expliquer les résultats du modèle.
- Ensuite, dans le cadre de la recherche des relations entre temps de transport et temps d'activité, le paradigme des budgets-temps proportionnels est testé et l'estimation d'intensités temps de transport des temps d'activité est proposée. Le test du paradigme de l'allocation proportionnelle des temps est réalisé en adaptant la méthodologie de Kitamura et al. (&992). Enfin, l'estimation des budgets-temps de transport par les modèles de durées produit l'estimation des intensités temps de transport des budgets-temps des activités.

Le rapport est organisé de la façon suivante :

La première partie traite des villes que nous allons étudier, de la présentation générale de ces sept agglomérations à la discussion de la comparabilité et de l'apurement des données disponibles relatives aux mobilités. En effet, nous disposons pour cette étude d'une base de données des mobilités des agglomérations suisses et françaises, provenant de sources différentes. Nous présentons tout d'abord, les villes et les critères ayant conduit à leur choix (*partie I-1*). Ensuite, les enquêtes sont comparées dans leurs méthodes et objectifs, et l'impact de leur divergences est critiqué (*partie I-2*). Enfin, la méthodologie appliquée pour assurer la comparabilité de ces données est énoncée (*partie I-3*).

Les budgets-temps de transport sont analysés à un niveau agrégé dans la partie 2. Les dépenses temporelles sont comparées, tout d'abord entre villes et périodes. Puis, les budgets-temps de transport sont mis en perspective avec les localisations résidentielles et les pratiques modales, au niveau des agglomérations (*partie II-1*). la seconde direction de cette analyse agrégée est celle de la recherche de régularités des budgets-temps de transport avec les attributs individuels ou des ménages, mais aussi, les dimensions spatiales et temporelles de l'observation des mobilités (*partie II-2*).

Dans une troisième partie, nous revenons dans un premier temps sur les fondements de l'approche par les activités, qui soutient l'analyse de la mobilité que nous proposons. Dans ce cadre plusieurs voies de représentation et modélisation des budgets-temps de transport sont proposées. Tout d'abord, une première proposition de représentation est testée : la proportionnalité des dépenses temporelles (*partie III-1*). La question du choix du modèle économétrique est ensuite discutée. Les applications récentes des modèles durées proposées par la littérature illustrent de nombreuses voies de recherche pour lesquelles l'application des modèles de durées ouvre de nouvelles perspectives (*partie III-2*). Une revue des applications des modèles de durées à l'analyse des programmes d'activités est donc réalisée (*partie III-3*). Dans un second temps, les éléments théoriques nécessaires à la compréhension et à l'interprétation des résultats des modèles de durées sont présentés (*partie III-4*). Enfin, l'application de cette méthode d'analyse aux budgets-temps de transport de nos sept agglomérations, réalisée pour chacune des deux dates d'observation, est présentée.

Enfin, la quatrième partie présente l'analyse sociologique menée sur des individus caractérisés par de très forts budgets-temps de transport du bassin alémanique. Après la présentation de la méthodologie (*partie IV-1*) et de l'échantillon des interviewés (*partie IV-2*), l'analyse présente les pistes d'explication de ces temps de transport atypiques issues des dimensions qualitatives affectant les choix de transport (*partie IV-3*), telles que les considérations environnementales ou sécuritaires, le poids des relations entre membres d'un ménage, etc.

PARTIE 1

Présentation des villes et des données

I. Présentation des villes

Cette première partie a pour vocation de présenter les villes de notre étude. Il sera ici question du choix de ces agglomérations, et de l'intérêt de leur comparaison. La première partie illustre à l'aide de différentes typologies et des attributs généraux des agglomérations, les points communs et les différences entre nos sept villes. La seconde partie présente les politiques de transports urbains identifiées. La synthèse présente en partie trois permet d'identifier différents types de villes dans notre échantillon, en termes d'organisation urbaine et de politiques de transports urbains. Garder à l'esprit cette synthèse, permet de donner une nouvelle perspective à l'analyse quantitative des budgets-temps de transport des sept agglomérations.

1. Choix des villes et leurs aspects généraux

Le choix des agglomérations a été dicté par une contrainte de disponibilité des données. Ainsi, les villes suisses choisies ont fait l'objet d'un suréchantillonnage dans le microrecensement suisse, permettant une analyse locale désagrégée. La disponibilité d'enquêtes-ménages réalisées à des dates proches des microrecensements suisses (1994 et 2000) a également été prise en compte. Enfin le choix des agglomérations a été guidé par les critères suivants :

- L'étendue et la forme du phénomène de périurbanisation,
- L'intensité et les formes de la ségrégation sociale,
- Le niveau d'équipement en réseaux lourds de transports publics,
- Les politiques de gestion des accessibilités routières.

Pour la Suisse, le choix a été limité par la disponibilité de données exploitables à l'échelle régionale. La réalisation d'un suréchantillonnage local de l'enquête nationale permet l'extraction de données pour l'étude de certaines agglomérations.

Les EM des villes françaises sélectionnées répondent aussi au critère de contemporanéité avec les enquêtes suisses (1994 et 2000).

Les villes composant l'échantillon et leurs caractéristiques sont présentées dans les tableaux I-1 et I-2. Les cartes en annexes I-1 à I-4 donnent une vue d'ensemble des quatre agglomérations françaises, de leur système de transport et des différents périmètres d'étude classiques (aire urbaine, et limite EMD) et recomposé pour l'étude.

Tableau I-1 : Critères de périurbanisation et de ségrégation

Caractéristiques	Agglomération millionnaire	Agglomération en doigts de gants	Agglomération transfrontalière	Agglomération de taille moyenne
Périurbanisation	Multipolaire	Compacte	Dispersée	Autour des noyaux
Ségrégation	Forte	Moyenne	Effet de frontière	Faible
Villes françaises	Lyon (1985-1995)	Grenoble (1992-2001)	Strasbourg (1988-1997)	Rennes (1991-2000)
Villes suisses	Zurich (1994-2000)	Berne (1994-2000)	Genève (1994-2000)	

Source : Jemelin et al., (2006)

Tableau I-2 : Données structurelles de base

France		Lyon	Grenoble	Rennes	Strasbourg
Nombre de communes dans le périmètre EMD *		99	254	36	126
Population 1999	Périmètre EMD	1 302 106	704 361	364 596	601 781
	Ville-centre	445 274	153 426	206 194	263 941
Population 1990	Périmètre EMD	1 251 943	662 285	326 226	557 957
	Ville-centre	415 479	150 815	197 497	252 274
Superficie (km²)	Périmètre EMD	1 052,2	342 8,3	605,1	1094,9
	Ville-centre	47,9	18,1	50,4	78,3

Suisse		Zurich	Berne	Genève
Nombre de communes dans le périmètre EMD		126	125	45
Population 2000	Périmètre EMD	975 292	297 401	413 074
	Ville-centre	363 273	128 634	177 964
Population 1990	Périmètre EMD	927 810	304 173	378 557
	Ville-centre	365 043	136 338	171 042
Superficie (km²)	Périmètre EMD	970,4	343,1	241
	Ville-centre	87,8	51,6	15,9

* Pour la France, les périmètres EMD considérés sont ceux de la dernière EMD. Pour la Suisse, des zones correspondant aux périmètres français ont été déterminées, en tenant compte de la qualité de l'échantillon (communes comprises dans le suréchantillonnage).

Sources : Jemelin et al., (2006), d'après les recensements nationaux de population, France : INSEE / Suisse : Office Fédéral de la Statistique

2. Présentation des agglomérations françaises

Les cartes des densités de population et d'emplois, des ratios d'actifs/emplois et des niveaux de motorisation sont construites à partir des données du Recensement Général de la Population françaises de 1999. Elles illustrent, pour les premières, la dispersion de la population urbaine, sur les aires d'étude, les formes particulières d'urbanisation des agglomérations, et donnent quelques indices quant aux pratiques de mobilité. Les cartes du ratio actifs/emplois indiquent les zones susceptibles « d'importer » ou « d'exporter » des actifs, et ainsi de générer des flux entrant ou sortant. Toutefois, certaines précautions doivent être prises pour leur interprétation en raison de leur sensibilité à la taille de la zone correspondante. Enfin, les cartes relatives à la motorisation sont construites à partir de la part relative des ménages de la zone ayant au moins 2 automobiles. Cet indicateur peut être interprété, à la fois, comme un indicateur du choix modal des ménages, et comme un indicateur du système d'offre de transport. Les ménages bimotorisés sont susceptibles d'être particulièrement mobiles et de réaliser une plus grande part de leurs déplacements en VP, en raison notamment d'une absence d'offre de TC.

Densités urbaines et d'emplois et ratios actifs / emplois des villes françaises (cf. cartes en annexe I-5 à I-20)

- La population et les emplois de Grenoble sont concentrés dans les vallées en forme de « Y » dues à son relief, avec Grenoble en son centre. Cette condition géographique détermine bien entendu, une grande part des choix de localisation. En conséquence, la concentration d'emplois et de population s'effectue au centre et le long des axes autoroutiers en première couronne, ce qui conduit à une concentration des trafics et des flux. Le ratio d'actifs/emplois inférieur à 1, au niveau de ces zones, implique une forte concentration d'emplois et donc un flux important d'actifs. Sur l'aire grenobloise, l'équilibre actifs/emplois est rarement atteint, surtout au niveau des communes de montagne.
- L'aire urbaine de Lyon fait apparaître une concentration de la population suivant les grands axes de transport, nord-sud et vers l'est, et aussi en première couronne. Les anciens pôles distants d'une vingtaine de kilomètres de Lyon ressortent également : L'Arbresle, Givors, Pont-de-Chéruf, Mèximieux. On note aussi le pôle de L'Isle-d'Abeau plus récent sur l'axe Lyon-Grenoble. Il en est de même pour les densités d'emplois. Le ratio actifs/emplois permet de faire ressortir certains pôles, tels que la zone industrielle de la plaine de l'Ain.
- L'agglomération rennaise se caractérise par un réseau routier en forme d'étoile qui permet une urbanisation multidirectionnelle par rapport au centre, à priori sans contrainte géographique particulière. Cela se traduit par un fort étalement urbain caractérisé par une faible densité de l'aire urbaine (de l'ordre de 200 hab./km²) par rapport aux autres agglomérations étudiées. Au niveau des emplois, la répartition est relativement uniforme, mais le rapport actifs/emplois fait ressortir un axe vers l'est (Rennes-Châteaubourg-Châteaugiron).
- L'aire de Strasbourg est fortement marquée par sa limite frontalière à l'est avec l'Allemagne et la ville de Kehl. En dehors de l'effet frontière, l'urbanisation semble être organisée le long des grands axes routiers (exemple : Strasbourg-Molsheim-Obernai) et des axes secondaires. La répartition spatiale de l'emploi est proche de celle de la population. Toutefois, le rapport actifs/emplois met en évidence l'axe sud-ouest : Strasbourg-Molsheim-Obernai.

La part des ménages ayant 2 véhicules ou plus

Les ménages bimotorisés sont répartis généralement dans les communes périurbaines/rurales. La forte motorisation des ménages des communes éloignées du centre est le signe à la fois :

- d'un besoin de mobilité élevé résultant d'un ratio actifs/emplois fort
 - d'une localisation résidentielle en dehors des zones de pertinence des transports collectifs.
- La localisation dans des zones peu denses induit une forte dépendance à l'automobile.

Dans l'agglomération grenobloise, les communes fortement motorisées se situent en deuxième couronne autour des grands axes autoroutiers.

Sur l'aire urbaine de Lyon, les communes dont la part des ménages bimotorisés est supérieure à 55 %, sont très nombreuses. Ces communes sont réparties autour des pôles dans des zones essentiellement périurbaines. Cette aire urbaine se révèle particulièrement motorisée en comparaison avec les autres agglomérations.

L'aire urbaine de Rennes a la part la plus faible de ménages ayant 2 voitures ou plus. Les communes ayant des ménages bimotorisés sont réparties de part et d'autre de la limite EMD (Châteaugiron, Châteaubourg, Crévin).

Pour l'aire de Strasbourg, la bimotorisation est majoritaire dans les communes du nord-ouest, zones « exportatrices » d'actifs. Elle est peu représentée dans la zone périurbaine et très peu dans le suburbain et le centre.

II. Les politiques de transports urbains

Dans cette première partie analytique, les politiques de transports urbains menées dans les sept agglomérations vont être décrites, puis comparées. Elle reprend les éléments apportés par Kaufmann et al (2006). Trois ingrédients vont en particulier être abordés : les infrastructures et services de transports publics, la planification urbaine et l'offre routière.

Le but de ces courtes monographies est de comparer les politiques menées au plan des potentiels d'accessibilité et des conditions d'usage des moyens de transport. Plus spécifiquement, nous chercherons à mettre en évidence l'évolution de ces potentiels et conditions pour la période comprise entre les deux enquêtes dans chaque agglomération.

1. Lyon : un redéploiement de l'offre de transports publics

- a) Après la disparition des trams, une promotion des transports publics dès les années 1970

Le premier tramway électrique est inauguré à Lyon en 1893. En 1922, 33 lignes de tram sont exploitées. Après la première Guerre mondiale, commence l'ère de la concurrence des autobus de compagnies privées. L'OTL réagit en favorisant la construction des lignes de trolleybus.

L'essor du trolleybus n'est cependant que de courte durée. L'explosion démographique dans la région de Lyon et la saturation du trafic des années 60 font que les "trolleys" se retrouvent pris dans les embouteillages. Devant la difficulté de maintenir les lignes aériennes pendant les travaux d'élargissement des voies et surtout devant l'abaissement du prix du pétrole, l'autobus est privilégié. Le trolleybus est maintenu sur certaines lignes à fort trafic.

Pour contribuer à désengorger les rues de Lyon et favoriser l'utilisation d'autres moyens de transport que l'automobile, un réseau de métro est mis en chantier dans les années 1970. En 1978, les deux premières lignes (A et B) de métro sont inaugurées. Le métro poursuit son expansion avec la ligne C en 1984 et la ligne D, exploitée par métro automatique, en 1992. On attend de cette ligne non seulement qu'elle améliore la desserte de l'agglomération multipolaire et du centre, mais aussi qu'elle contribue au transfert modal.

Le PDU du Grand Lyon de 1997 s'inscrit en faveur des transports publics et exprime une forte volonté de rééquilibrer les parts modales par la création d'un réseau intermédiaire de surface basé sur 11 « lignes fortes », 9 radiales / diamétrales et 2 lignes de rocade et la réintroduction du tramway. Il favorise l'utilisation des 2 roues et la marche à pied et propose de geler les prolongements de métro, les voiries vers le centre et les stationnements.

En 2000, le prolongement de la ligne B de métro est achevé, suivi en 2001, par la mise en service des deux premières lignes de tramway, accompagnées par une intense campagne de communication. Pour la première fois, la volonté de réduire la place accordée à l'automobile (voirie, parkings) est à l'origine d'un projet de tramway¹.

Parallèlement, l'offre ferroviaire régionale s'améliore dès les années 1990, avec en particulier des renforcements de dessertes sur les principaux axes desservis au départ de Part-Dieu et Perrache, ainsi que la réouverture de plusieurs lignes dans l'est lyonnais.

Actuellement, le réseau de transports publics urbains se compose actuellement de 4 lignes de métro, A à D, dont une ligne automatique (D) et une à crémaillère (C), 2 lignes de tramway, plus de 100 lignes de bus (partiellement servies par trolleybus) et 2 funiculaires. Le réseau

¹ <http://www.tcl.fr>

Transports en Communs Lyonnais (TCL) dessert 62 communes du « Grand Lyon ». Il est organisé et géré par deux principaux acteurs : l'autorité organisatrice SYTRAL (Syndicat Mixte des Transports pour le Rhône et l'Agglomération Lyonnaise) composée des élus du Grand Lyon et du Conseil Général du Rhône et la SLTC (Société Lyonnaise de Transports en Commun), et une société privée (Keolis) à qui le SYTRAL a confié la gestion du réseau TCL².

b) Une planification urbaine adossée aux accessibilités routières

Depuis les années de l'après guerre et jusqu'à une période récente, l'urbanisation de Lyon est pensée essentiellement en fonction des accessibilités routières. Jusqu'au PDU de 1997, les transports publics sont, en effet considérés comme un moyen de desservir efficacement le centre-ville (d'où la création du métro), mais sans visée régionale.

Les années 1958-73 sont dominées par un aménagement fonctionnaliste dont la préoccupation principale est la création de routes pour fluidifier la circulation. De cette époque datent le contournement est mis en œuvre entre 1960 et 1993, le tunnel sous Fourvière ouvert en 1971 et l'autoroute Paris-Lyon-Vienne, également mise en service en 1971.

Entre 1960 et 1992, les Plans d'Urbanisme Directeur (PUD) cherchent à établir une nouvelle organisation de l'agglomération, mais l'urbanisme se réalise plutôt en forme de rattrapage et de correction de la structure préexistante : réaménagement du centre en déplaçant des activités existantes pour y créer un quartier d'affaires moderne, un centre directionnel et commercial, la Part Dieu (1964 : 1^{er} plan masse Part-Dieu). Les grands équipements (médicaux, universitaires) sont en revanche prévus en périphérie reliés au centre par des radiales. On envisage la création d'un ensemble d'unités urbaines séparées par des espaces libres.

Le plan d'urbanisme de 1960 contient encore le contournement ouest de l'autoroute Paris-Marseille *et* une nouvelle voie de pénétration Champagne-Cours de Verdun en tunnel sous Fourvière raccordée à l'autoroute de Genève. Pour des raisons financières, l'Etat préfère par la suite la construction d'un seul tunnel et donc d'une seule autoroute. Le tunnel sous Fourvière est inauguré en 1971 et connu aujourd'hui pour des bouchons importants. Le projet de la rocade ouest se retrouve dans les différents plans suivants³. La construction de l'autoroute urbaine est le résultat d'objectifs très différents : promotion du commerce au centre et amélioration de son accès de la périphérie ouest (local) et transit dans l'axe majeur de la vallée du Rhône (national).

À la fin des années 60, le SDAU tente une structuration de la *tache d'huile* urbaine en introduisant un modèle mixte et polycentrique, dont les accessibilités sont pensées à partir d'un maillage autoroutier et d'un métro. Le métro est une réponse à la crise des transports publics et un moyen pour mieux desservir le centre, tout en enterrant une partie du trafic de surface. La ligne A, dont les travaux commencent en 1973, s'inscrit dans un contexte de périurbanisation forte, son objectif étant de créer une meilleure accessibilité au centre à partir de la périphérie.

Le SDAU de 1970-76 cherche à contrôler et restructurer la forme urbaine dispersée à l'échelle de l'agglomération. Il définit et hiérarchise les unités urbaines esquissées par le plan de 1960. Deux approches sont suivies : concentrer les services au centre pour assumer le rôle d'une métropole et répartir les zones d'emploi sur le territoire. La politique de transport est routière. Les années 70 sont parallèlement marquées par un renforcement des plans routiers en périphérie et un nouveau discours en faveur des transports publics au centre.

2 <http://www.tcl.fr>

3 La politique actuelle reprend partiellement ce projet âgé aujourd'hui de plus de 30 ans.

Dans le schéma d'aménagement de l'aire métropolitaine de 1971 sont inscrits :

- un métro pour le centre,
- la construction des nouveaux parkings (34 000 parkings, dont un tiers à Part-Dieu),
- une périphérie dominée par le routier (automobiles & autobus).

Le réseau routier projeté se caractérise par une plus forte densité dans l'est de l'agglomération. En 1975, l'aéroport de Satolas est mis en service, suivi en 1978 par la ligne A du métro. Dans le cadre du redéploiement du réseau de transports publics de surface suite à la mise en service du métro, certaines lignes remplacées par les autobus sont électrifiées à nouveau et des lignes de trolleybus prolongées⁴. On décide de poursuivre la construction du réseau de TCSP.

En 1989, le POS est basé pour la première fois sur le Schéma Directeur. Par rapport au POS de 1984, qui lie peu l'aménagement et les transports, ces derniers s'y retrouvent dans des objectifs, comme créer un équilibre entre l'habitat, l'emploi et les services ou densifier le tissu urbain près des arrêts des TC guidés. Le POS de 1989 traite l'agglomération dans un cadre plus élargi et attribue aux transports urbains le rôle de protéger la zone centrale de la circulation automobile. Parallèlement, on y souhaite détourner le trafic de transit.

c) Le développement de l'agglomération vers l'ouest

A cause de son relief mouvementé, l'ouest de l'agglomération était longtemps jugé peu exploitable pour l'aménagement de zones d'activité, et sa liaison au centre, trop coûteuse. La volonté politique favorisa longtemps dans ces zones un habitat peu dense afin de limiter les migrations pendulaires.

Avant 1966, l'est lyonnais est un espace rural, tandis que le sud et le sud-est sont privilégiés en équipement (zones industrielles, voie ferrée). Entre 1966 et 1975, l'est lyonnais accueille des grands équipements, de l'habitat et des nouveaux espaces industriels, comme la Zone d'Activité de l'est Lyonnais (ZAEL).

Le PUD de 1958-62 favorisait sud et est lyonnais, tandis que le Schéma de l'OREAM de 1971 est concentré uniquement sur l'est. Ce dernier cherche à mettre fin à la croissance en forme de tache d'huile et favorise un modèle de villes nouvelles, séparée de Lyon par une ceinture verte et radialement liées à la ville-centre.

Le livre blanc du SDAU de 1970-76 (1969) attribue aux transports le rôle d'orienter l'habitat. Il se pose sur un modèle polycentrique tourné vers les axes est Lyon-Part Dieu-Bron, Satolas et la Ville nouvelle de l'Isle d'Abeau reliés à la ville-centre par l'autoroute et le métro. Le SDAU de 1976 se base sur un modèle polycentrique articulé, avec un axe est dégagé. Le SDAL de 1988-92 marque avant tout l'hypercentre et l'est⁵.

Tous ces documents cherchent à orienter le développement sur les zones urbanisées (est et sud) et sur les axes majeurs.

Malgré le souhait politique des années 60-70 de protéger et sauvegarder les équilibres spatiaux existants, les logements sociaux (des années 60 et 70) sont fortement concentrés sur la 1ère couronne est (ce qui reste le cas aujourd'hui). À l'échelle de la région urbaine, on observe, en 1999, une part élevée du logement social à l'Isle-d'Abeau (67%), Ondaine (36%), Giers (30 %) et Givors (27%).

4 http://www.amtuir.org/site_v1/a_htroll.htm

5 Montès Christian 2003, p.200-201

Ceci explique en partie que Lyon est marquée par une forte différenciation sociale et économique entre l'ouest (et le nord) bourgeois, financier et "high-tech", et l'est (et le sud) industriel et ouvrier.

La crise économique des années 80 a pour conséquence une forte augmentation du chômage qui demande de cibler les interventions dans l'est (1982-90)⁶. Depuis on cherche à réhabiliter les grands ensembles notamment dans la première couronne (Minguettes, Grappinière, Bron-Parilly) précarisés par la crise économique et la dégradation des logements⁷.

La disponibilité foncière de terrains plats qui permettent non seulement le contournement de l'agglomération pour le transit, mais aussi la liaison des pôles majeurs d'un réseau de villes (Genève, Grenoble), fait que l'Etat et la Région favorisent par la suite l'est pour leurs projets routiers. En 1993, la rocade est mise en service. Elle atteint vite ses limites de capacité parce qu'elle accueille autant le trafic local et régional que le transit.

Depuis les années 60, la RN6 (à l'est) devient un axe majeur de l'économie lyonnaise avec une forte concentration de commerces à moyenne surface, mais aussi de l'industrie. Ce développement non planifié a été rendu possible suite à un découpage administratif défavorable (limite entre le département de l'Isère et la Communauté urbaine jusqu'à 1969). Le SDUC de 1987 cherche à geler les surfaces commerciales le long des axes au niveau de 1987. Pendant les années 90, on passe du laisser-faire à la requalification de ces espaces. Avec l'ouverture de l'A6 et l'A43 une partie du trafic de la RN6 a été détournée.

En bref, on peut observer que les activités quittent d'abord le centre (Lyon-Villeurbanne) pour la première couronne (1965-85), puis se délocalisent en deuxième et troisième couronnes (1990-2000), essentiellement dans les communes de l'est lyonnais (Vaulx-en-Velin, Décines, Meyzieu, Bron, Chassieu, Genas, Saint-Priest, Mions, Corbas). Parallèlement, les activités de commerces (hypermarchés et commerces) quittent le centre pour la première couronne (est, mais aussi ouest et nord), tandis que l'attractivité du centre-rive-gauche grandit (1990-97). Cette évolution a été accompagnée d'une désindustrialisation des communes centrales entre 1965 et 1980. Aujourd'hui on observe une distribution des fonctions qui concentre le tertiaire au centre (Part Dieu, Presqu'île) et sa périphérie, le high-tech à l'ouest et les industries à l'est⁸.

d) L'accessibilité de l'hypercentre de Lyon

L'introduction du métro dans les années 1970 à Lyon était motivée par la volonté d'améliorer l'accessibilité au centre, nous l'avons déjà relevé. Cette motivation a également conduit au déploiement d'un nouveau plan de circulation, d'une politique du stationnement et de zones piétonnes dès les années 1980.

Entre 1979 et 1991, le « Plan Presqu'île » cherche à résoudre les problèmes d'accessibilité au centre-ville de Lyon par un Plan de transport censé favoriser la marche et les transports publics. Sur la presqu'île se trouve la place Bellecour, la plus grande place piétonne d'Europe. Au début des années 1980, on commence à restructurer les quartiers industriels périphériques en crise (Gerland, Vaise).

En 1982, le prolongement de la ligne B du métro est mis en service. Comme la ligne A, la ligne B améliore la desserte du centre. Les deux lignes sont outils de décongestion et accompagnent la piétonisation du centre. Entre 1972 et 1983, la ZAC de la gare de Part-Dieu

6 Agence d'urbanisme pour le développement de l'agglomération lyonnaise, 2003.

7 Gras Pierre, 1990.

8 Agence d'urbanisme pour le développement de l'agglomération lyonnaise, 2003.

a été créée pour agrandir le centre Part-Dieu et maximiser l'arrivée du TGV à la gare de Part-Dieu en 1983. En 1984, la ligne C de métro est mise en service.

La politique récente cherche à améliorer notamment la circulation dans le centre (détournement du transit et contrôle du stationnement). A partir de 2002, la Ville de Lyon met en œuvre sa nouvelle politique globale de stationnement sur voirie en simplifiant la tarification générale dans le respect des principes du PDU de 1997. La ville vise à faciliter le stationnement de longue durée des résidents afin qu'ils utilisent prioritairement les transports en commun, et inciter les personnes qui font des déplacements domicile-travail à utiliser les parcs relais et les transports en commun.

Trois zones tarifaires ont été mises en place avec trois formules de tarif résidentiel et des forfaits résidentiels, le premier quart d'heure est gratuit et pour favoriser la rotation, les tarifs sont progressifs sur les zones limitées à 1h30⁹. La gratuité du premier quart d'heure, introduite en 2001 pour mieux gérer les stationnements à courte durée et lutter contre le stationnement en double file, a été jusqu'à nos jours peu contrôlée.

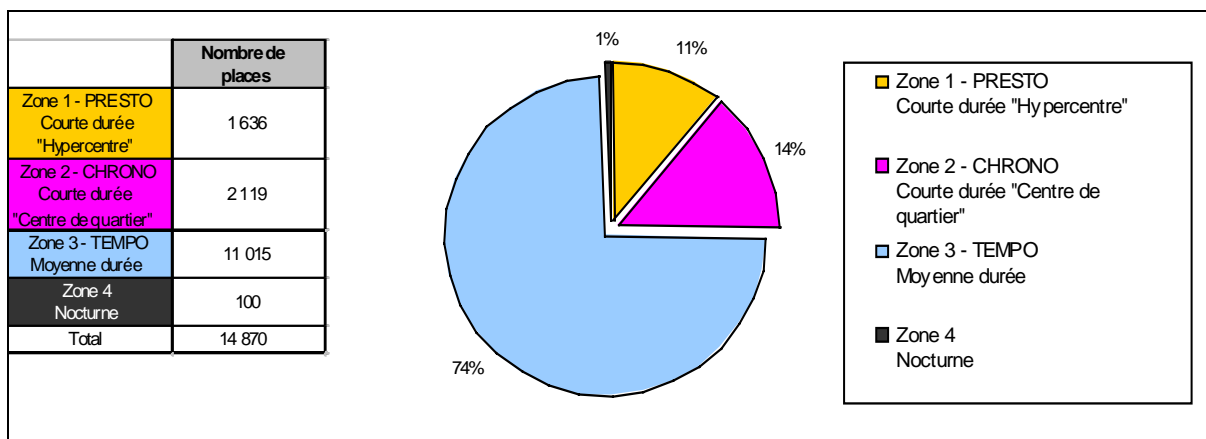
Contrairement au stationnement sur voirie qui est de la responsabilité de la Ville de Lyon, la planification des parcs de stationnements est gérée par la communauté urbaine.

Le PDU de 2004 poursuit la politique de stationnement du PDU 1997. Il définit comme objectifs :

- Amplifier le contrôle et étendre le stationnement payant dans le centre de l'agglomération et
- Adapter les normes de stationnement pour les bureaux et le logement¹⁰.

La réorganisation du stationnement en cours envisage l'augmentation des tarifs, l'extension du périmètre du stationnement payant et l'introduction des contrôles plus stricts, notamment du premier quart d'heure gratuit (Ville de Lyon 2004).

Graphique I-1 : Répartition de l'offre de stationnement par zone tarifaire en 2004



⁹ <http://www.mairie-lyon.fr>

¹⁰ SYTRAL 2004.

2. Grenoble : la promotion des accessibilités multimodales

a) Grenoble, agglomération pionnière dans le redéploiement du tramway en France

Le réseau de transports publics grenoblois tient son acte de naissance du mouvement par lequel, à la fin du XIX^{ème} siècle, l'industrie des transports urbains investit les villes françaises de province. Il consiste en un réseau de tramways urbain et suburbain.

Dès sa création en 1897, le réseau urbain de tramways grenoblois était électrique et exploité par la Société Grenobloise de Tramways Electriques (SGTE). Les lignes urbaines se développèrent entre 1900 et 1907, année de la dernière extension. Parallèlement, ont été créés plusieurs réseaux suburbains, exploités par des compagnies distinctes et desservant la vallée de l'Isère, le Bourg-d'Oisans et la région de Villars-de-Lans. Les réseaux suburbains se stabilisèrent en 1923 et ne connurent plus d'extension.

A partir des années 1930, le tramway est concurrencé par les transporteurs routiers et dès 1946 par les trolleybus, et le réseau suburbain subit de fortes contractions pour finir par disparaître totalement dans les années 1950¹¹.

Concernant le réseau de transports publics urbains un avenant est signé en 1951 entre le département de l'Isère, la ville de Grenoble et la SGTE. Il consacre la suppression des tramways, remplacés par des trolleybus et des autobus.

Au milieu des années 70, les lignes de trolleybus sont modernisées et des nouvelles lignes converties entre 1975 et 1981¹².

Grenoble est la deuxième ville française qui réintroduit le tramway : la première ligne de tramway est mise en exploitation en 1987 (avec prolongations en 1996 et 1997), la seconde en 1990 (avec prolongements en 1999 et 2001), la troisième est actuellement en travaux. Suite à l'introduction des tramways, les 3 lignes de trolleybus restant encore en 1996 ont été supprimées en 1999¹³.

La Société d'Economie Mixte des Transports en commun de l'Agglomération Grenobloise (Sémitag) gère depuis 1975, pour le compte du SMTC (Syndicat Mixte des Transports en Commun), l'ensemble du réseau de bus et tram. Son périmètre de transports publics couvre actuellement un territoire de 212 km² avec 400 000 habitants répartis sur 27 communes. Elle exploite 2 lignes de tramway, 24 lignes d'autobus et 4 lignes de soirée avec une fréquentation et une offre de service en hausse de 25% en 5 ans¹⁴.

b) Une planification urbaine articulée autour des voiries routières et du tramway

Entre les années 1950 et 1970, de nouveaux quartiers se développent dans l'ensemble de la couronne sud de la ville, nécessitant la construction de nouvelles infrastructures routières et le prolongement de lignes de transports publics. Les réseaux de transport se placent donc au cœur des conflits de communes, et mêlent trois grandes séries d'enjeux : la centralité, les aires de développement de l'agglomération et la gestion des flux de déplacement (Pradeilles, 1997 : 98). En effet, depuis le milieu des années 1950, la ville de Grenoble perd de la population et son centre historique reste étroit compte tenu de la taille de l'agglomération. De plus, le projet de création d'un centre commercial (Grand'Place), couplé aux grands ensembles de la

11 <http://www.amtuir.org>

12 *ibid*

13 *ibid*

14 <http://www.semitag.com/>

Villeneuve, soulève les risques de développement d'un centre secondaire au sud de la ville, ancré dans l'automobilité, incitant les chalandes à se détourner du cœur historique.

Ces tensions potentielles autour d'enjeux de gestion et de développement urbains seront en partie résolues par une intercommunalité précoce dans le domaine des transports. A partir du début des années 1970, les politiques de déplacements seront discutées et négociées au sein du SMTC qui tiendra un rôle majeur dans le tissage de relations centre-périphérie. En 1965, à l'initiative du maire socialiste Hubert Dubedout, la structure politique de l'agglomération grenobloise est modifiée et offre un terreau favorable à des compromis entre la ville centre et les communes de première couronne. Les consensus portent en premier lieu sur la modernisation des transports en commun et s'établissent autour de deux points d'accord :

- les communes à dominantes d'employés et d'ouvriers de la couronne sud de l'agglomération (Fontaine, Echirolles, Saint-Martin d'Hères) attendent à la fois un accès aux transports collectifs améliorés pour des populations encore peu motorisées et un meilleur accès au centre ville dont les proches banlieues sont largement dépendantes ;
- de son côté, la municipalité Dubedout voit dans la modernisation des transports collectifs le moyen de renforcer le rayonnement du centre historique à l'échelle de l'agglomération.

Dans ce contexte politique local, les années 1970 seront marquées par la modernisation des réseaux de bus et de trolley, la piétonisation progressive de l'hypercentre et le gel des investissements en stationnement. Toutefois, les politiques de transport de la municipalité essuient de nombreuses critiques. Les options politique et idéologique en matière de transports urbains conduisent à rechercher dans le développement des voiries, une réponse à la demande des voitures individuelles et à reléguer les transports collectifs au rôle de service social pour « captifs ».

Les projets de réalisation de réseaux de transport en commun en sites propres et d'infrastructures plus lourdes tardent à être mis en œuvre. Dès cette période cependant, relevons un transfert de préoccupations des responsables politiques vers un réseau de transports collectifs plus performant, apte à susciter des transferts modaux pour les déplacements à destination du centre-ville (pour le désengorger). C'est ainsi que naît l'idée de réaliser un POMA 2000¹⁵. Ce projet soulèvera de nombreuses oppositions, concernant en particulier son insertion dans le tissu urbain. Il sera finalement abandonné au profit de la réalisation d'un réseau de tramways.

Il faut attendre 1983, le changement de municipalité et le référendum initié par Alain Carignon pour que le projet de tramway en gestation soit relancé. Le nouveau maire de Grenoble est clairement attaché à une valorisation du centre ville en limitant l'accessibilité automobile. La première ligne de tramway est mise en exploitation en 1987 (avec prolongations en 1996 et 1997), la seconde en 1990 (avec prolongements en 1999 et 2001), la troisième est actuellement en travaux.

A sa mise en service, le réseau de tramways de Grenoble est considéré par les spécialistes comme une réalisation de pointe dans le domaine des transports publics urbains. Presque totalement en site propre, fréquent et rapide, sa réalisation s'est accompagnée d'une valorisation urbanistique des espaces publics du centre-ville et de l'ensemble des axes sur lesquels il circule. Il a, en outre, fait l'objet d'un effort de communication important visant l'image des transports en commun (design et livrée des véhicules, publicité) et plus généralement celle de la ville de Grenoble (marketing urbain).

Au cours des années 1980, le développement du réseau de tramways fait partie intégrante d'un « Plan de Déplacement Urbain » (PDU), c'est-à-dire d'une réflexion globale sur

¹⁵ Pomagalski, qui fabrique Poma 2000, est une entreprise installée dans la région grenobloise.

l'organisation des déplacements urbains qui tienne compte de tous les modes de transport et leur articulation avec l'urbanisation sur le périmètre de l'autorité organisatrice, en associant l'ensemble des acteurs sociaux concernés (Lefèvre et Offner, 1990, p.118-120).

Toutefois, parallèlement à une politique d'offre tramway innovante, la municipalité Carignon reste caractérisée par une inflexion de la politique d'infrastructure routière, abandonnée depuis les connexions aux autoroutes de Lyon et de Chambéry réalisées pour les jeux olympiques de 1968. A partir du milieu des années 1980, les investissements routiers sont relancés avec le soutien de l'Etat. Ils se concrétisent par la mise en 2x2 voies de la rocade sud et la fluidification de la traversée nord-sud grâce au prolongement de l'axe autoroutier jusqu'à Pont de Claix au sud. L'objectif de construction d'un tunnel sous la colline de la Bastille au nord auraient permis de boucler la rocade. Réaffirmé comme une priorité par A Carignon, le tunnel est la seule infrastructure qui ne fut pas réalisée.

Le renforcement de la desserte en transports collectifs concerne essentiellement le centre et la première couronne de l'agglomération. Dès le premier tronçon de la ligne A, la ville ouvrière de Fontaine est desservie, profitant de l'arrivée du tram pour se lancer dans un ambitieux projet de restructuration de son centre-ville. Echirolles, qui avec Saint-Martin d'Hères sont les deux communes les plus peuplées de la banlieue grenobloise, anticipe l'arrivée du tramway (en 1997) en créant un pôle de centralité multifonctionnel, mêlant habitat, activités tertiaires, équipements universitaires et un multiplexe. Seule Saint-Martin d'Hères reste à la marge du réseau de tramways, une lacune qui devrait être palliée par la construction de la troisième ligne. Progressivement, les rapports centre-périphérie jusqu'alors ancrés dans le rayonnement du centre historique se rééquilibrent au profit de centres secondaires de première couronne.

Toutefois, à partir du milieu des années 1980, on assiste à un décalage croissant entre les politiques de déplacements, longtemps cantonnées au périmètre de l'agglomération, et la croissance démographique rapide que connaissent les aires périphériques de la région urbaine : Voironnais au nord-ouest, Moyen-Grésivaudan au nord-est et la région de Pont-de-Claix et de Vif au sud. Caractérisé par l'agence d'urbanisme comme un « déséquilibre en marche », ce décalage entre l'urbanisation et les politiques de déplacement n'est pris en considération que tardivement, à compter de la seconde moitié des années 1990. L'allongement des flux automobiles en périphérie est renforcé par le maintien des zones d'emplois dans le centre de l'agglomération, le long des infrastructures autoroutières de première couronne (Meylan, Crolles, Sassenage, Seyssins, Pont-de-Claix). Or, ni le réseau de tramways actuel ni même la troisième ligne en cours de réalisation ne se situent à l'échelle des enjeux de déplacement de la région urbaine.

Relevons tout de même que la desserte ferroviaire du nord ouest de la région a été notablement améliorée en 1989 (projet LAZER), avec pour objectif explicite de susciter un transfert d'usage de l'automobile vers le train pour les déplacements pendulaires.

Les controverses autour des politiques de déplacement à l'échelle régionale se sont trouvées au cœur des concertations du PDU de 2000. Sans que le débat n'ait pu être tranché, les solutions défendues par les différentes partie-prenantes symbolisent bien l'échelle régionale des problèmes. Elles donnent tantôt la priorité à la mise à niveau des infrastructures autoroutières (tunnel sous la Bastille, renforcement du contournement à l'ouest par un tunnel sous le Vercors) tantôt au renforcement des réseaux de transports collectifs (Train-Tram, prolongement des lignes de tramway et réalisation de parkings relais, construction d'une quatrième ligne de rocade tramway en première couronne).

Malgré la démarche globale du PDU et faute de financement, aucune mesure de grande envergure n'a jusqu'à présent été mise en œuvre dans le domaine du stationnement, des déplacements en périphérie et de la planification urbaine pour susciter des transferts modaux. L'action publique menée est tout à fait conforme aux objectifs fixés par la LOTI (Loi

d'Orientation sur les Transports Intérieurs), en particulier en ce qui concerne le libre choix des moyens de transport. En ce sens, elle est conforme à l'idéologie dominante en France en matière de transports urbains. En conséquence, Grenoble mise sur la réalisation d'une offre de transports publics et d'aménagements séduisants pour assurer un report modal.

c) Stationnement de centre-ville : une offre étendue

L'instauration du stationnement payant sur voirie à Grenoble remonte à 1969 quand 400 places de stationnement sont gérées en régie. En 1989, la Société d'Économie Mixte (SEM) Grenoble Parking est créée et permet une gestion plus souple du stationnement sur voirie. Depuis 1992, l'ensemble du stationnement payant fait l'objet de délégations de service public. Le contrôle du respect des règles est assuré par un corps spécifique de contrôleurs de 24 agents à temps plein, soit un agent pour 325 places payantes¹⁶.

Grenoble dispose d'une importante offre de stationnement (cf. tableau I.3), marquée par une augmentation de plus de 20% des places entre 1990 et 2000, une tendance qu'on souhaite aujourd'hui inverser¹⁷. Le PDU 2000 envisage une diminution de 1200 à 2000 places en surface au centre-ville, partiellement compensées sous la forme de parkings en ouvrage au centre ou de parcs relais.

Depuis 1995 déjà, la Ville de Grenoble applique une vaste politique de réorganisation des déplacements dont la politique de stationnement est un élément central. En effet, on vise à améliorer la rotation des véhicules et à éviter la saturation du stationnement au centre ville. Il s'agit également de rationaliser l'utilisation de l'espace dans la ville consacré à la voiture en faveur des déplacements à pied, en vélo, et en TC¹⁸.

En 1999, la ville décide une extension du périmètre de stationnement payant et une réorganisation du fonctionnement et de la tarification du stationnement sur voirie et dans les parcs en ouvrage traduit par :

- 933 places gratuites devenues payantes,
- une augmentation conséquente des zones vertes et d'une plus grande rotation (limiter les stationnements pendulaires, favoriser les résidents et améliorer les accès aux commerces),
- la mise en place de la zone violette, stationnement intermédiaire limité à 2h comme la zone orange mais également autorisé aux résidents,
- l'instauration de tarifs de soirée dans les parkings en ouvrage.

16 www.energie-cities.org

17 www.smtc-grenoble.org/PDU

18 www.energie-cities.org

Tableau I-3 : Offre de stationnement dans le centre-ville en 1993-1994

	<i>Genève</i>	<i>Berne</i>	<i>Grenoble</i>
<i>Offre sur voirie</i>	5 200	1 100	9 500
<i>Offre en ouvrage</i>	3 300	1 400	3 500
<i>Offre publique totale</i>	8 500	2 500	13 000
<i>(% du total général)</i>	(75%)	(66%)	(62%)
<i>Offre privée totale</i>	2 900	1 300	8 000
<i>(% du total général)</i>	(25%)	(34%)	(38%)
<i>Total général</i>	<i>11 400</i>	<i>3 800</i>	<i>21 000</i>
<i>Ratio pl. tot./hab. agglo.</i>	0.03	0.01	0.05
<i>Ratio pl. tot./emp. + hab. dans le centre</i>	0.2	0.1	0.2

(KAUFMANN 2000, p. 116)

Le PDU 2000 propose également de définir les places de parking dans le cadre des constructions de bureaux selon la proximité des lignes de TC et de reprendre cette définition lors de l'élaboration de la charte sur le stationnement de l'ensemble des communes de l'agglomération¹⁹.

¹⁹ www.smtc-grenoble.org/PDU

3. Rennes : une agglomération sans véritable banlieue, fortement périurbanisée

a) Des transports publics peu développés jusqu'à la mise en service du VAL

L'agglomération de Rennes est caractérisée par une faible densité et un territoire plat et étendu, sans contraintes topographiques majeures. Trois zones peuvent y être distinguées :

- une partie agglomérée dense à l'intérieur et à proximité des rocade,
- une couronne de communes périurbaines séparées les unes des autres et de la zone agglomérée par des coupures vertes,
- un arrière pays fortement périurbanisé et desservi par cinq axes de chemin de fer, vers L'Hermitage-Mordelles (jusqu'à La Brohinière, O), Chevaigné (Montreuil sur Ille, N), Noyal Acigné (Vitré, E), Corps Nuds (Retiers, SE) et Bruz (Messac Guipry, SO)²⁰.

L'étoile ferroviaire est néanmoins incomplète (branche manquante vers Fougères, Nantes, le littoral méridional, cf. Michel Philipponneau, 1994). La zone de pertinence du train se situe essentiellement sur la seconde couronne périurbaine (80% du trafic au-delà du PTU en 2001²¹).

C'est en 1897 que les premiers tramways circulent à Rennes. Ces tramways composent le plus grand réseau départemental de France (plus de 500 kilomètres de voie en 1923). Mais dès les années 1930, le trafic diminue et le réseau se réduit. Entre 1938 et 1952, les tramways sont progressivement remplacés par des autobus.

En 1972, la ville de Rennes décide de reprendre en main l'organisation des transports urbains et donne naissance à la Société des Transports de l'Agglomération Rennaise (STAR). Les années 1970 voient donc une amélioration du réseau : modification de la tarification, création de nouvelles lignes, d'un réseau de soirée et de couloirs de bus, instauration du versement transport, prolongement des lignes vers Saint-Grégoire, Cesson-Sévigné, Chantepie et Chartres-de-Bretagne.

Le plan de circulation de 1975 privilégie toujours la circulation automobile. En 1977, le Manifeste municipal qui suit la réadaptation du plan de 1975 décrète un changement de la politique de transport : l'abandon des axes pénétrants, la réhabilitation du centre-ville et la zone piétonne (Michel Philipponneau, 1994).

Avec l'arrivée d'Edmond Hervé à la mairie de Rennes en 1977, le développement du réseau se poursuit, et on envisage le passage de la gestion du réseau au niveau intercommunal. Ce qui se traduit en 1980 par la création du SITCAR.

En 1986, le SITCAR confie à deux bureaux d'étude, une "étude d'opportunité d'un transport collectif en site propre". Les bureaux misent sur des technologies différentes (tramway pour le premier, bus guidé pour le second), mais insistent sur la nécessité d'un TCSP pour améliorer l'accessibilité du centre-ville, compte tenu de la forte croissance des déplacements.

Pour financer le VAL, la société d'économie mixte, SEMTCAR, est créée en 1992. Pour assurer les grands investissements nécessaires pour le VAL, on s'appuie sur trois mesures : la fiscalité propre (1991), l'extension du district aux transports et l'instauration d'une taxe professionnelle communautaire (1992). En 2002, la première ligne de VAL est mise en service pratiquement entièrement en sous-sol.

Dès la fin des années 1990, la desserte ferroviaire régionale de Rennes a été densifiée sur l'axe Rennes/Saint-Malo (passage de 14 à 26 relations quotidiennes) en septembre 1997, ce qui a

20 Communauté d'agglomération de Rennes, 2001, p.13.

21 AUDIAR, Observatoire des déplacements de l'agglomération rennaise, 2004.

occasionné une augmentation sensible du trafic (+15%, et jusqu'à +25% entre Rennes et Montreuil). En septembre 1999, l'offre s'est également accrue sur les axes Rennes/Vitré (+12 trains), Rennes/Messac (+10) et Rennes/La Brohinière (+6)²².

Dès avril 1999, création du ticket UNIPASS, un système de tarification unique pour les cinq lignes de TER (vers Saint-Malo, Vitré, Châteaubriant, Redon et Saint-Brieuc), les cars départementaux (Cars 35) et le réseau de bus STAR (initiative de la Communauté d'agglomérations, à laquelle s'associent la SNCF, le Conseil Régional de Bretagne et le Conseil Général d'Ille-et-Vilaine)²³. En février 2001, le système est généralisé à toutes les gares du périmètre de transport urbain. Cependant, la Région et le Département n'envisagent pas une généralisation du ticket UNIPASS à l'aire urbaine de Rennes.

Le réseau de bus dessert les communes périurbaines de façon inégale. Sa structure radiale converge toutes les lignes vers Rennes, et désavantage les communes éloignées du centre (Pacé, L'Hermitage, Saint-Gilles)²⁴. La ceinture verte crée des espaces à faible densité et l'absence des grandes villes périphériques ou de continuité urbaine le long des radiales rend également l'exploitation en TC plus difficile.

Du fait de la structure particulière de l'agglomération et de la présence d'un réseau routier particulièrement développé, l'usage de la voiture est massif. Dans les années 1960-1970, l'accent est mis sur l'aménagement d'axes routiers structurants. On y trouve aujourd'hui de nombreuses routes à 2x2 voies. Avec l'achèvement du tronçon est fin juin 1999, la rocade à 2x3 voies est complétée. Les travaux ont commencé en 1965. Les déplacements en voiture ont augmenté de 72% entre 1979 et 2000, contre 33% pour le transport collectif²⁵. Bref, Rennes est une agglomération pensée pour les déplacements automobiles, et ce n'est qu'avec l'introduction du VAL en 2001 que l'offre de transports publics peut être considérée comme performante.

b) Une planification urbaine fondée sur l'automobile

En 1970, Rennes est la première agglomération en France à se constituer en District (type de coopération intercommunale à mi-chemin entre une communauté urbaine et un SIVOM). Si l'aménagement du territoire de l'agglomération est la tâche principale de ce District, l'organisation des transports ne fera partie de son champ de compétences qu'à partir de 1992, longtemps après la tentative avortée de « districalisation » des compétences transport en 1980. Dès cette date, les transports publics seront alors gérés par un syndicat intercommunal, le SITCAR, mais celui-ci ne regroupe que 22 des 27 communes du District. Quoique la ville de Rennes y dispose de 48% des voix, on peut observer par la suite une forte augmentation de desserte des communes suburbaines. En 1989, Edmond Hervé, le maire de Rennes, est élu maire du district. En 1999, le pays de Rennes est créé. Suite à la loi Chevènement, le District se transforme en Communauté d'agglomérations en 2000 et prend le nom de Rennes Métropole.

Dans les années 1960, les emplois sont concentrés dans la ville-centre et ses communes voisines. L'industrie commence tardivement à s'implanter avec l'implantation de Citroën dans les années 60. Elle se localise dans les zones industrielles autour de la ville-centre et le long des radiales principales. Par conséquent, la ville a aujourd'hui peu de friches à

22 AUDIAR, OBSERVATOIRE DES DEPLACEMENTS DE L'AGGLOMERATION RENNAISE p 93

23 RESSE 2003, p. 56.

24 RESSE 2003, p. 62

25 RESSE 2003, p. 22.

disposition pour gérer son développement interne. Les importants secteurs d'emploi sont l'administration et le service public, mais aussi la recherche et le développement.

En 1972, l'Agence d'Urbanisme et de Développement Intercommunal de l'Agglomération Rennaise (AUDIAR) est créée, et élabore le premier Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (SDAU), adopté en 1974. Ses orientations majeures sont la densification, la création de nouvelles banlieues et de deux villes nouvelles de 80 000 habitants, la continuité de l'habitat selon un axe sud-ouest/nord-est, ainsi que la réalisation d'un TCSP de type tramway sur cet axe très dense.

Ce SDAU est immédiatement mis en cause par de nombreux élus, qui contestent à la fois les options d'urbanisme (densité urbaine et concentration) et les perspectives démographiques jugées fortement surévaluées. Position qui sera tenue par Edmond Hervé, élu maire de Rennes en 1977, qui s'attelle dès son arrivée à la révision du Schéma.

Le SDAU de 1983 s'oppose donc logiquement au modèle de ville dense et propose un développement plus éclaté et polycentrique, le "schéma des villettes"²⁶, caractérisé par la mise à distance, le refus de la continuité urbaine et des grands ensembles, et la préservation du patrimoine naturel et des espaces agricoles²⁷. Cette nouvelle politique conduit à l'essor des communes suburbaines, et la voiture apparaît dans ce modèle de ville comme le moyen de transport le plus approprié pour satisfaire les déplacements croissants entre Rennes et les communes périphériques. Un réseau renforcé de bus est censé répondre aux besoins TC. Le TCSP – projet politiquement sensible²⁸ – ne figure pas dans le SDAU de 1983, et il faut attendre l'élaboration du nouveau programme de mandature après les municipales de 1983 (qui virent l'équipe d'Edmond Hervé reconduite) pour voir esquissé un projet de TCSP.

Dès 1989, la ville reprend la politique de densification interrompue en 1977 (concept basé sur la centralité de la ville vis-à-vis de l'agglomération et du centre-ville vis-à-vis des quartiers), pour justifier le choix du VAL a posteriori. Une ville-centre plus dense rentabilisera mieux ce mode de transport lourd, par ailleurs peu adapté à la structure multipolaire de l'agglomération rennaise (Michel Philipponneau, 1994).

Le SDAU de 1994 approfondit les concepts du « SDAU vert » de 1983 et ordonnance le territoire en 3 niveaux : commune, ville-centre et 6 « pôles d'appui ». Le SDAU est profondément marqué par l'unification des taxes locales. Grâce à cette démarche, on envisage de limiter la concurrence entre les 36 communes de Rennes Métropole et de rationaliser la planification des projets industriels et autres. Une redistribution d'une partie des revenus est censée réduire les disparités spatiales. Un autre point majeur du SDAU est la prise de compétence transports du district en 1992.

L'intercommunalité avancée influence positivement l'interface urbanisme – transport avec comme résultat un des premiers PDU en France approuvé en 1996. Celui-ci met surtout en cohérence les actions déjà planifiées. Le deuxième PDU (février 2001) de Rennes est à l'échelle de Rennes Métropole et repris dans le SDAU de 1994. Le PDU se base notamment sur la ligne de Val qui relie l'université, les hôpitaux, le centre-ville, les gares SNCF / routières, ainsi que les grands quartiers de Blosne et Villejean. Il contient des projets de prolongement du VAL vers l'ouest et le sud, la création d'une 2^{ème} ligne de TCSP nord / est pour 2005 et l'augmentation de la desserte ferroviaire de Rennes Métropole. Concernant le stationnement, le PDU se déclare pour le maintien de l'offre pour les résidents, la création de

26 Le SDAU de 1974 devait aboutir à la concentration du cinquième de la population bretonne à Rennes d'ici 2010. A l'opposé, le schéma de 1983 devait favoriser la croissance des villes moyennes bretonnes.

27 AUDIAR et Université Rennes II 2003.

28 Le VAL nécessite une augmentation du taux de versement de transport et contient le risque de délocalisation des entreprises de plus de 10 salariés.

parcs relais et l'amélioration de l'intermodalité, satisfaire la demande pour achats, mais stabiliser l'offre au centre-ville²⁹.

Rennes est la 1^{ère} grande ville française à avoir adopté son PLU en mai 2004. Le PLU refuse à nouveau un étalement urbain et s'appuie sur des opérations de renouvellement urbain et de densification "intra-rocade", et sur une mixité sociale. Sur ce dernier point, on parle même du "modèle rennais" pour évoquer l'absence de banlieue au sens "ghetto" du terme, et la préservation d'une "ceinture verte" aux limites de la ville³⁰.

Grâce à des projets de renouvellement urbain et la mise à disposition des terrains constructibles (logement social, zones industrielles), la croissance urbaine d'avant 1970 se concentrait sur la ville de Rennes. Pendant la période 1970-1990, le centre-ville enregistre toujours une forte croissance, qui atteint également les villes périphériques (*modèle urbain des villettes*). Bien que la majorité de nouveaux bâtiments et d'emplois reste localisée au centre-ville, la deuxième couronne de Rennes Métropole commence à croître à partir de 1990. Les activités du secteur de développement et recherche sont concentrées sur la première couronne et des municipalités comme Saint-Grégoire, Chantepie, Chartes de Bretagne, Vezin le Coquet et Cesson Sévigné. Concernant la croissance du parc de logement dans la communauté d'agglomération, ce sont les parties sud et ouest de l'agglomération qui connaissent la plus grande quantité de logements en construction. Les mêmes zones ont hors centre la plus forte proportion de logements en immeuble.

c) Une offre de stationnement étendue et une gestion laxiste

Le PDU rennais de 1996 envisage une limitation de l'offre de stationnement payant dans l'hypercentre au niveau de 1996, soit 12 300 places. Parallèlement, on cherche à favoriser la rotation et le stationnement de courte durée. Concernant l'offre de longue durée, la construction des parcs relais autour des stations du VAL et l'axe lourd autobus est-ouest, mais aussi la révision du POS dans le sens d'une limitation de l'offre de stationnement sur le lieu de travail sont envisagés³¹. Pourtant, jusqu'à présent, ces intentions ne se sont pas traduites par des actions concrètes. Depuis la mise en service du métro et la restructuration du réseau de bus en mars 2001, notons simplement que le trafic automobile sur les grands axes de circulation a baissé de près de 6 % avec des répercussions directes sur le stationnement.

Les nouveaux objectifs de 2004 sont de favoriser le stationnement de courte durée sur voirie et dissuader les adeptes des trajets domicile-travail en voiture, en les encourageant à utiliser les transports en commun. Concrètement, ceci se traduit par une augmentation des tarifs pour les automobilistes (à l'exception des résidents) pour rendre le prix des transports publics plus concurrentiel. Les études de l'observatoire du stationnement montrent que seul un automobiliste sur trois paie actuellement sa place de stationnement. Au début de 2004, le contrôle a été renforcé par la mise en place d'une brigade de surveillance de 14 agents.

On compte actuellement en centre ville près de 4 000 places payantes et 3 000 gratuites sur voirie. Des extensions de la zone verte sont envisagées notamment pour répondre aux difficultés de stationnement des résidents des quartiers péri-centraux³². En 1998, la capacité des 8 parcs publics du centre-ville est de 4 451 places. Ils sont géographiquement bien répartis et bien accessibles par la ceinture du centre-ville³³.

29 Métropole Rennes 2000

30 <http://www.ville-rennes.fr/index.php?rub=778&f=1556/index.php?rub=778>

31 Pinson Gilles 1997, p. 57.

32 <http://www.ville-rennes.fr>

33 Métropole Rennes, 2001, p. 142.

4. Strasbourg : une volonté de réduire l'utilisation de l'automobile en ville

a) Du tramway détruit au tramway reconstruit

Fondée pendant la période d'administration allemande en 1877, la *Strassburger Pferde Eisenbahn Gesellschaft*, la Compagnie des Tramways à Chevaux de Strasbourg, inaugure la première ligne de tramway strasbourgeois en 1878 entre la Porte de Pierre, la place Kléber et le pont de Kehl.

Parallèlement, un réseau de chemin de fer vicinal est développé, dont la première ligne ouvre en 1886. La traction hippomobile est maintenue à l'intérieur de la ville tandis que des tramways à vapeur sont utilisés hors les murs.

En 1898, la ligne du Pont du Rhin franchit le fleuve jusqu'à Kehl en Allemagne. Au début du XX^{ième} siècle, la progression du réseau s'accélère et dès 1904, l'achèvement des voies sur l'avenue des Vosges permet de créer une ligne de ceinture centrale. En 1909, les tramways strasbourgeois circulent jusqu'à Rastatt en Allemagne.

Après la première guerre mondiale, la ville crée la Compagnie des Tramways de Strasbourg. Les lignes de rive droite sont cédées à l'Etat Badois et de nouvelles lignes sont créées. Au total, le réseau de l'époque se compose de 11 lignes.

En 1937, les tramways suburbains de Westoffen et Truchtersheim sont remplacés par des autobus, mais réintroduits en 1938. En mai 1939, la CTS teste son premier trolleybus. A la veille de la guerre, Strasbourg compte 9 lignes de tramway, 4 lignes de bus et 1 ligne de trolleybus.

Avec la fin de la guerre, le réseau est remis en état et relancé avec 8 lignes urbaines et 4 de banlieue.

L'arrivée d'autobus de grande capacité et la tendance à considérer le tramway comme sans avenir, entraînant progressivement la disparition des lignes, en 1954 sur la ligne 3/13, en 1955 sur la ligne 8/18, en 1956 sur les lignes 2/12 et 1/11. En 1957, le tramway de banlieue est victime à son tour du développement automobile et d'un certain vieillissement. La ligne 6/16 disparaît en 1959, suivi en 1960 par la ligne 4/14 qui marque la fin du tramway strasbourgeois.

En 1976, la Communauté Urbaine applique un tarif unique à l'intérieur de son périmètre et décide en 1989 de réintroduire le tramway, qui roulera à nouveau à Strasbourg en 1994. La première ligne est prolongée en 1998, l'année de la mise en service de la deuxième ligne, deux autres lignes suivent en 2000. Pour 2009, on envisage le tram-train Strasbourg-Bruche-Piémont des Vosges qui permettra de relier Barr et le centre de Strasbourg en passant par Molsheim et l'aéroport³⁴.

Actuellement, la CTS (Compagnie des Transports Strasbourgeois) exploite un réseau de 4 lignes de tramways (chacune à environ 12 km) et 23 lignes de bus. La réalisation du projet Tram-train est projetée pour 2009³⁵.

La gare de Strasbourg est la deuxième gare de province de France au plan du trafic. Avec 13 gares ou points d'arrêt dans la CUS, le TER est aussi un mode de transport rapide à l'intérieur de l'agglomération. Les gares offrent des correspondances avec le réseau CTS. Des tarifs spéciaux permettent d'utiliser indifféremment le bus, le tram ou le train dans la CUS. Dans le cadre de l'arrivée du TGV en juillet 2007 et du tram-train en 2009, on réorganise actuellement

34 <http://www.strasbourg.fr>

35 <http://www.cts-strasbourg.fr>

la gare comme une plate-forme d'échanges entre le train, le tram, le tram-train, le vélo et le bus³⁶.

b) Planification urbaine : une volonté de susciter des transferts modaux dès les années 1980

Les premières réflexions sur le devenir des déplacements au sein de l'agglomération datent de 1945 où une large part des réseaux (routier et tramway) est à reconstruire. L'occasion de restructurer le réseau n'est pourtant pas saisie et les voiries sont reconstruites sur les emprises initiales. Après-guerre et au cours des années 1950, les programmes d'extension des réseaux routiers peinent à suivre la croissance urbaine qui se matérialise par la construction de grands ensembles, mal desservis par les transports collectifs et relativement enclavés des réseaux routiers (Neuhof, Cité nucléaire, la Canardière, Cité de l'III). En parallèle, les réseaux d'autobus remplacent progressivement l'ensemble des lignes de tramway, dont la dernière est fermée en 1960.

Pour fluidifier la circulation automobile et surtout pour soutenir le développement urbain en périphérie, les années 1960 seront dédiées au renforcement du maillage autoroutier de l'agglomération. Même si l'Etat s'investit largement dans le financement des infrastructures nouvelles, celles-ci s'ancrent davantage dans une logique d'agglomération plutôt que dans la structuration d'une armature autoroutière d'échelle nationale. De 1965 à la fin des années 1970, s'ouvre une période avant tout marquée par la construction de contournements, de roades et de pénétrantes au sud, au nord et à l'ouest de l'agglomération. La construction de voiries de grandes capacités permet de libérer le réseau routier classique de son engorgement et encourage le développement du sud-ouest de l'agglomération qui s'urbanise rapidement (Montagne-verte, Lingolsheim, Ostwald).

Toutefois, cette politique centrée sur l'extension de l'offre routière atteint rapidement ses limites, en particulier au centre de l'agglomération. A la fin des années 1960, dans le cadre de l'élaboration du Schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme, ces limites vont encourager l'Etat et la Communauté urbaine de Strasbourg à dissocier les logiques d'accessibilité du centre et de la périphérie. Car, si la planification des réseaux futurs peut parvenir à satisfaire la croissance du trafic automobile, les potentiels de développement du stationnement en centre-ville sont limités. Même les politiques les plus ambitieuses ne pourraient satisfaire l'accroissement de la demande de stationnement au centre de l'agglomération. Or, si les édiles souhaitent que le centre conserve un rôle prééminent dans le fonctionnement de l'agglomération, ils doivent penser des modes de desserte alternatifs à l'automobile.

Les objectifs du schéma directeur de 1970 sont donc ambivalents :

- renforcer la fluidité et l'efficacité des réseaux routiers et autoroutiers en périphérie ;
- améliorer l'accessibilité du centre-ville par la création d'un réseau de transport en commun en site propre, la piétonisation de l'hypercentre.

Le dossier d'agglomération de 1975 poursuit cette logique en mettant à l'agenda des projets de deux ordres :

- en périphérie, le bouclage du maillage autoroutier : élargissement de la pénétrante sud, construction de la pénétrante des Halles au nord, prolongement de la pénétrante ouest, construction de roades au sud et au nord.

³⁶ <http://www.strasbourg.fr>

- dans le centre, la promotion d'une accessibilité alternative à l'automobile : création de deux lignes de tramway, restructuration du réseau de bus, piétonisation de l'hypercentre, revalorisation des espaces publics.

Jusqu'à la fin des années 1990, la politique de transport menée à Strasbourg suit, dans ses grandes lignes, les principes définis par le dossier d'agglomération de 1975. La construction d'un ambitieux réseau de pistes cyclables en périphérie puis au centre de l'agglomération reste la seule réalisation importante qui n'était pas prévue par les documents de planification.

Toutefois, si la philosophie du dossier d'agglomération n'a pas été remise en cause, la chronologie de sa mise en œuvre a engendré de nombreuses contradictions. A partir de la fin des années 1970, les premières réalisations concernent le renforcement des réseaux viaires et autoroutiers en périphérie ainsi que vers le centre de la ville : élargissement de la pénétrante sud, prolongement de la pénétrante ouest, rocade nord, échangeurs périphériques (Ostwald et Illkirch), réalisation d'une première tranche de la rocade sud. Au centre, les quelques réalisations portent sur la piétonisation des quartiers de la Cathédrale et de la Petite France et la construction de parkings souterrains au cœur de la ville. Pourtant inscrits au dossier de voirie d'agglomération, les projets de tramway et de restriction de l'accès à l'automobile sont retardés.

Les motifs du report des projets de transport en commun en site propre sont de trois ordres (Messelis, 1997 :105) :

- par ses arbitrages financiers l'Etat remet en cause la programmation initiale en accordant la priorité au désengorgement des infrastructures routières ;
- l'opération des Halles (centre commercial, parking connecté à une pénétrante au nord de la ville) a un fort impact sur le commerce de l'hypercentre. Or, les commerçants s'opposent à tout projet qui limiterait l'accès automobile au centre-ville et en particulier au projet de tramway. La municipalité tentera alors de trouver un compromis en transformant le projet de tramway en Val, qui présente l'avantage de laisser un espace quasi équivalent à l'automobile en surface.
- enfin, toute politique de limitation de l'accès de la voiture au centre butte devant l'inachèvement de la rocade sud qui ne permet pas d'éviter la traversée de l'agglomération. La mise en chantier du dernier tronçon de la rocade en 1988 lève cette contrainte.

La campagne municipale de 1989 porte essentiellement sur le renforcement de l'accessibilité en transports en commun et la revalorisation du centre-ville. Il faut souligner que les décalages dans la mise en œuvre du dossier d'agglomération ont induit une forte détérioration du centre, engorgée par le trafic automobile. Plus précisément, les débats préélectoraux portent sur le choix entre les projets de Val et de tramway. Catherine Trautmann, élue maire et présidente de la Communauté Urbaine de Strasbourg en 1989, affiche clairement sa préférence pour le tramway qui pourra être l'occasion de restructurer le centre-ville et les quartiers périphériques. On passe alors d'une simple politique de déplacement à un projet d'intégration et de cohésion territoriale à l'échelle de l'agglomération.

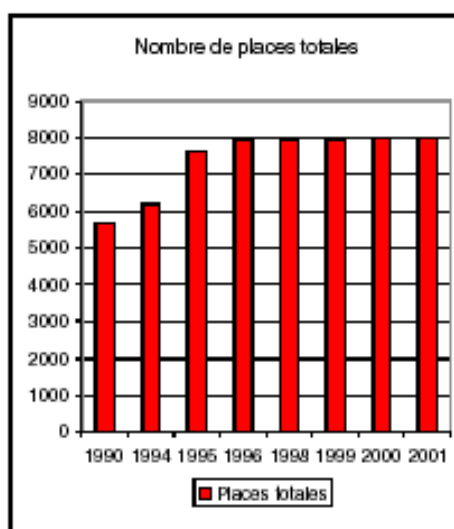
Le projet change donc de dimension, à partir du début des années 1990, la piétonisation du centre-ville s'accompagne de projets de rénovation urbaine sur la totalité des 12,5 km de la première ligne de tramway. La ligne A inaugurée en 1994 suit l'ancien tracé de la ligne de tramway supprimée en 1960 ; suivant un axe nord-sud, elle dessert le centre-ville et la gare (de HautePierre à Baggersee puis extension jusqu'à Illkirch en 1998). En articulation avec la nouvelle ligne de tramway, le réseau de bus est restructuré et modernisé, le réseau cyclable est renforcé dans le centre-ville et trois parkings relais sont créés pour favoriser le report modal à destination du centre-ville. Le tracé de la seconde ligne (est-ouest), décidée en 1995 et mise en service en 2000, a eu pour soucis de desservir au centre les équipements publics, en

particulier les universités et, grâce à deux branches, la ZUP de l'Esplanade d'une part et les communes denses de Schiltigheim, Bischheim et Hoenheim au nord est de l'agglomération.

Parallèlement à la mise en service du tramway, une politique du stationnement a été progressivement mise en place. Elle vise deux objectifs : mettre fin au stationnement anarchique par une extension du périmètre payant et réduire le trafic automobile au centre ville en incitant les automobilistes à utiliser les parkings périphériques³⁷. L'offre de stationnement en ouvrages a augmenté jusqu'à 1996, entre 1990 et 1996 même de 41% ! Depuis, l'offre s'est stabilisée à environ 8 000 places (cf. Graphique I-2), l'offre sur voirie en centre-ville a quand à elle été réduite depuis 1995.

La mise en service de la ligne A de tramway en 1995 a été accompagnée par la création de deux parcs relais, « Rotonde » (430 places) et « Etoile » (450 places). L'offre a été élargie par la suite par deux autres parkings le long de la ligne, « Baggersee » (460 places) et « Ducs d'Alsace » (600 places). Depuis l'ouverture de la ligne B, quatre nouveaux parcs relais ont été créés : « Rives de l'Aar » (570 places), « Pont Phario » (240 places), « Hoenheim Gare » (680 places) et « Elsau » (800 places). Au total, les parcs relais offrent aujourd'hui 4 230 places et sont principalement utilisés pour des motifs liés aux achats³⁸.

Graphique I-2 : Nombre de places totales de stationnement en ouvrage à Strasbourg

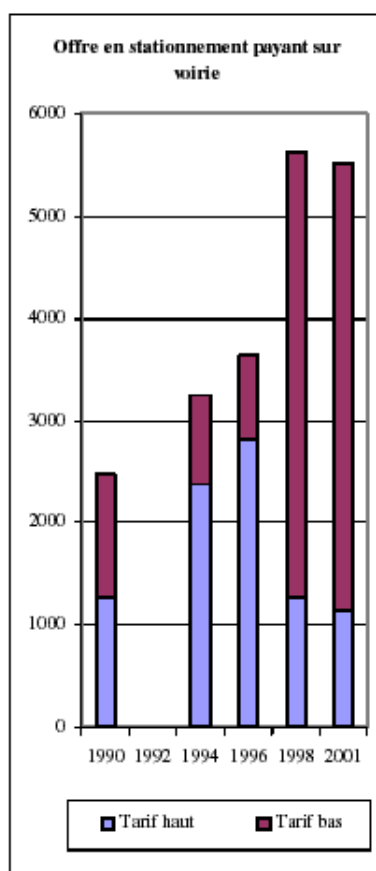


(Communauté Urbaine de Strasbourg 2003, p. 14)

³⁷ <http://www.strasbourg.fr>

³⁸ Communauté Urbaine de Strasbourg 2003, p. 8-12.

Graphique I-3 : Nombre de places de stationnement payant sur voirie à Strasbourg



(Communauté Urbaine de Strasbourg 2003, p. 16)

5. Zurich : un réseau de transports publics lourd et une volonté de réduire l'utilisation de l'automobile

a) Une offre de transports publics très développée

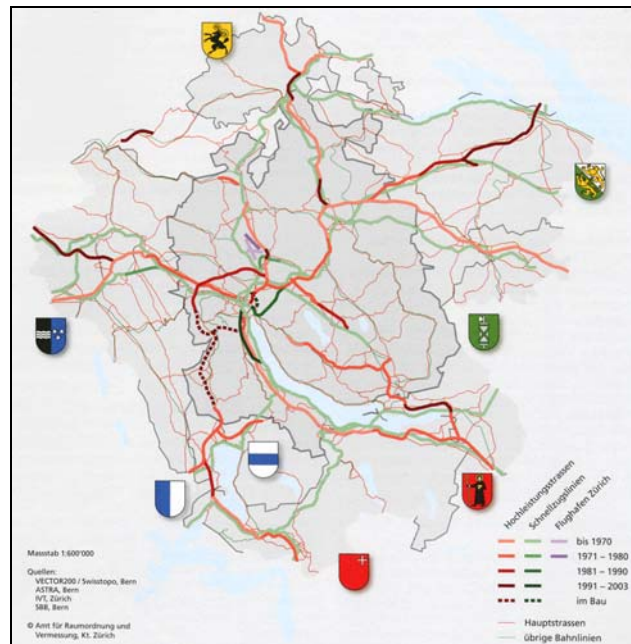
Les premiers efforts d'introduire un tramway à Zurich datent de 1864, mais ce n'est qu'en 1881 que les communes Zurich, Enge, Riesbach et Aussersihl se réunissent dans une communauté d'intérêt. En 1882, la société d'anonyme de tramways, « Aktiengesellschaft der Zürcher Strassenbahn » et la première ligne hippomobile sont créées. Avec la création de la société des tramways électriques, « Elektrische Strassenbahn Zürich » (ESB), en 1893 commence la construction des lignes de tramways électriques et métriques vers les quartiers en haut de la ville.

Vers 1900, beaucoup de nouvelles lignes ont été ouvertes, certaines exploitent la banlieue zurichoise. Une deuxième vague de prolongations de lignes suit dans les années 20³⁹. En 1927 fut ouverte la première ligne d'autobus zurichoise (Utohrücke-Schmiede Wiedikon-Albisriederplatz-Nordbrücke-Rigiplatz). Vers 1930, quelques tronçons (vers Glattbrugg, Schwamendingen, Schlieren-Weiningen) furent fermés. En 1939, fut inaugurée la première ligne de trolleybus (Bezirksgebäude-Bucheggplatz).

Dans les années de l'après-guerre, le réseau de tramway a été maintenu et développé dès les années 1970, grâce à des votations populaires qui ont conduit au refus de leur remplacement par des autobus ou par un métro. Dans les années 1980 est développé le projet de S-Bahn. En 1990, les premières lignes de S-Bahn permanentes.

En 2004, le Canton de Zurich dispose de 25 lignes de S-Bahn, 13 lignes de tramway, 6 lignes de trolleybus, 16 lignes d'autobus, 11 lignes de bus quartier et 27 lignes régionales d'autocar.

Carte I-1 : Evolution des infrastructures de transport de Zurich entre 1970 et 2003



(KANTON ZÜRICH, 2003, p.5)

39 <http://www.rail-info.ch>

b) Transports publics et transports privés : une approche intégrée dès les années 1970

La période de l'après-guerre, notamment les années 50 et 60, est marquée à Zurich par des fortes croissances de trafic automobile. À partir de 1960 (notamment durant les années 70), Zurich perd de la population, tandis que les communes voisines, comme Dietikon, enregistrent de fortes croissances. La politique de transport se contente de répondre à cette demande.

Dans le canton de Zurich comme ailleurs, on développe intensivement le réseau des routes principales et nationales, ce qui rend la voiture de plus en plus attractive. Les premiers plans généraux de trafic (routier) datent des années 50 et ne seront réalisés que partiellement.

En votation populaire, les habitants de la ville de Zurich rejettent en 1962 les projets de remplacement des tramways par des autobus et de réalisation d'un tramway souterrain dans le centre⁴⁰. En 1973, ils refusent l'introduction d'un métro⁴¹. L'extension des transports publics est donc retardée par rapport à la croissance de la mobilité.

Parallèlement, on observe une augmentation du nombre d'emplois et une baisse de la population dans la ville-centre (depuis 1962), suivie par une urbanisation éparpillée dans l'agglomération⁴². Par conséquent, le nombre de navetteurs augmente, et la situation économique favorable avantage l'automobile. L'extension du centre économique de Zurich provoque la migration de certaines fonctions du centre (écoles supérieures, administration, services) vers l'extérieur, et souvent loin des arrêts ferroviaires.

C'est au milieu des années 70, dans un contexte de prise en compte progressive des nuisances du trafic automobile, que l'ère change. L'Etat fédéral planifie en 1961 la construction du « Y », une liaison urbaine entre les autoroutes en provenance de l'ouest, nord-est et sud-est. Le projet est rejeté en 1974 et 1977 par votation populaire des zurichois⁴³.

Le conseil municipal déclare en 1970 la priorité aux transports publics. Les premières zones piétonnes sont réalisées dans le centre. En 1981, les zurichois votent pour l'introduction d'un système *S-Bahn*⁴⁴.

La période 1970-80 est caractérisée par un essor dans la construction et le renouvellement urbain, et la part de bureaux construits s'accroît par rapport à l'habitat. Dans les années 1980, la construction de logements régresse fortement, le prix du terrain et les loyers explosent. La pénurie de terrains mène à une orientation du marché du logement vers la rénovation de l'habitat. Depuis 1980, la première, et depuis 1990, la deuxième couronne enregistrent des baisses de population.

Les zones de croissance se déplacent de plus en plus vers les régions périphériques de l'agglomération, puis vers l'extérieur de celle-ci⁴⁵. L'industrie, puis le tertiaire sont marqués jusqu'à nos jours par une forte concentration des emplois sur Zurich. Par conséquent, le

40 Stadt Zurich, 1994.

41 Stadt Zurich, 2003, p. 5.

42 Ce n'est que dans les années 70 que l'Etat fédéral et les cantons commencent à formuler les premiers principes d'urbanisation (STADT ZÜRICH 1994).

43 RÜEGG, Erwin 1996.

44 *Idem 1*

45 RÜGG, Erwin 1996.

nombre de navetteurs augmente progressivement. À partir des années 1990, la population zurichoise commence à se stabiliser⁴⁶.

Après l'entrée en vigueur de plusieurs lois environnementales entre 1983 et 1987⁴⁷ et des études réalisées sur la réduction des nuisances sonores et atmosphériques à Zurich, le rapport sur la politique de transport de 1987 formule 5 nouveaux objectifs :

- Promouvoir le transport public,
- Réduire le trafic motorisé,
- Canaliser le trafic motorisé et calmer le trafic routier dans les zones d'habitat,
- Réduire l'offre de stationnement, notamment pour les navetteurs,
- Favoriser l'utilisation des moyens de transports de proximité (vélo, marche à pied).

Afin de répondre à ces objectifs, les projets suivants sont prévus :

- Construction du *S-Bahn* (jusqu'à l'horizon 1990),
- Prolongement de la Sihl-Zürich-Uetliberg-Bahn (SZU),
- Création d'un syndicat de transport avec une communauté tarifaire (à l'horizon 1990),
- Remplacement de certaines lignes d'autobus par des trolleys,
- Nouvelle politique restrictive du stationnement,
- Gel des projets routiers,
- Réduction de la capacité routière sur certaines routes.

Cette politique va être très largement appliquée durant les années 1990 et 2000.

Concernant la construction de stationnement en particulier, des règlements municipaux de 1986 et cantonaux de 1987 permettent à la Ville de Zurich de réduire le nombre des places de stationnement obligatoires lors de nouvelles constructions (à 20%⁴⁸) dans des zones bien desservies par les transports publics et de limiter les stationnements privés lors de l'attribution d'autorisations de construire. La ville décide également d'introduire un nouveau système de macaron dans les quartiers d'habitations, privilégiant les habitants et les commerçants, et de plafonner l'offre de stationnement au centre. La construction de parkings souterrains n'est autorisée qu'en substitution de places de surface. Le stationnement payant est limité à 1h dans tous les quartiers et les tarifs introduits dans le centre sont élevés. Ces mesures ont été accompagnées par une lutte contre le stationnement illégal et un contrôle de la prolifération de places privées⁴⁹.

46 TSCHOPP, SIEBER et autres 2002.

47 Loi sur la protection de l'environnement (*Umweltschutzgesetz*) de 1983, Loi cantonale sur la pollution atmosphérique (*Luftreinhaltegesetz*) de 1986, Règlement cantonale sur des nuisances sonores (*Lärmschutzverordnung*) de 1987.

48 AESCHBACHER Ruedi 1989.

49 IBV W. Hüsler AG 2003, p. 3.

Tableau I-4 : Evolution des parkings clients dans le centre-ville de Zurich, 1990-2002

Stand jeweils 31.12.

Kreis 1	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002
Strassen-PP bis max. 3h	1'921	1'713	1'803	1'830	1'825	1'837	1'839
PP in Parkhäusern	1'732	1'687	1'792	1'830	1'830	1'829	1'829
Kunden-PP total	3'653	3'400	3'595	3'660	3'655	3'666	3'668

Kreis 1 und citynahe Gebiete	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002
Strassen-PP bis max. 3h	4'605	4'417	4'546	4'614	4'552	4'601	4'499
PP in Parkhäusern	3'017	3'323	3'237	3'301	3'301	3'294	3'269
Kunden-PP total	7'622	7'740	7'783	7'915	7'853	7'895	7'768

Mai 2004

Sans zone bleue, places handicapés, livraisons, places de nuit
(Tiefbauamt der Stadt Zürich 2004, p. 2)

Notons aussi que la nouvelle Loi cantonale sur la planification et la construction de 1991 (*Kantonales Planungs- und Baugesetzbuch*) fixe des objectifs comme la concentration du développement d'habitat autour des transports publics et la localisation des emplois à proximité des arrêts de S-Bahn, la définition des lieux centraux régionaux et la densification avant l'exploitation des nouveaux terrains. Le Plan directeur cantonal de 1995 (*Kantonaler Richtplan*) définit 11 centres de développement⁵⁰ reliés par le S-Bahn.

En outre, la ville de Zurich applique depuis les années 70 une gestion dynamique du trafic par régulation centralisée des feux rouges. Le système choisi permet non seulement de fluidifier le trafic en général grâce à une réduction des temps morts aux feux tricolores, mais aussi d'agir sur les accès routiers à la ville et la priorité aux transports publics⁵¹. Le système a été renouvelé au milieu des années 90.

50 Bülach, Oberwinterthur / Grüze, Winterthur Zentrum, Kloten-Opfikon, ZH-Nord, Dietikon, Wallisellen-ZH/Düberndorf, ZH-City, ZH-Hardt/Altstetten, Uster, Wetzikon (Kanton Zürich 1998, p.31).

51 IBV W. Hüsler AG 2003, p.3.

6. Berne : l'optimisation de l'articulation transports publics - urbanisations

a) Des infrastructures de transports publics maintenues

En 1890, la première ligne de tramways bernois est inaugurée. La traction électrique apparaît en 1901, puis une quatrième, également électrique, en 1908. Dans les années 1930, le réseau compte 18,2 kilomètres de tramways. Après la Seconde Guerre mondiale, trois lignes de tramways sont remplacées par des trolleybus entre 1959 et 1965, tandis que les trois autres sont modernisées. Dans les années 1980, les lignes de chemins de fer secondaires de la région bernoise sont progressivement modernisées et une gare souterraine est réalisée sous la gare centrale pour améliorer l'interface avec le réseau ferroviaire national. En 1987, la première ligne de RER est introduite, elle est suivie d'autres lignes dans les années 1990.

Le réseau RER est aujourd'hui, en train-kilomètres, le deuxième plus grand réseau suisse. L'autorité organisatrice du RER est composée des cantons Berne, Fribourg, Neuchâtel, Soleure, Vaud et la Confédération. Dans le cadre de la première étape de Rail 2000, le projet « S-Bahn Bern 2005 » est mis en service en décembre 2004 avec la fin des réalisations de Rail 2000. Le projet inclut des améliorations, comme une augmentation des vitesses commerciales et de la fréquence, une amélioration du confort grâce à un matériel roulant plus moderne, une augmentation des parkings relais et une amélioration des correspondances⁵².

b) Planification urbaine : une stricte articulation entre les urbanisations et les gares

Dans les années 1960, les flux pendulaires automobiles croissants dépassent les capacités du réseau routier de la ville. A cette époque, les problèmes concomitants ont été d'abord abordés sous l'angle de la technique. C'est ainsi que le Plan Général des Transports de 1964 représente essentiellement un complément fourni par la Ville à la planification des routes nationales (Steiner, 1998 : 58). A la fin des années 1960, le refus en votation populaire d'une partie d'une voie rapide devant traverser le centre de Berne à proximité de la gare centrale, va remettre en question cette conception de la planification. Cet événement marque à Berne la fin de l'adaptation de la ville aux systèmes de transports. (Steiner, 1998 : 62). Depuis 1971, une régulation de la circulation globale est appliquée aux heures de pointes. Il s'agit d'un système de signalisation lumineuse qui règle l'accès au centre installé par rapport à la capacité routière en donnant la priorité aux transports publics. Ce système a été modernisé et étendu au début des années 90, améliorant les vitesses commerciales des transports publics⁵³. En 1972 fut publié, à titre pour ainsi dire, de testament d'une époque finissante, le Plan des transports pour la ville et région de Berne, rédigé en 1970 déjà. En 1972 encore, les Waisenhausplatz et Bärenplatz sont fermées à la circulation suite à un vote populaire. La protection du centre historique mise en place depuis les années 70 finit par son inscription au patrimoine UNESCO en 1983.

C'est au milieu des années 70 que les réseaux de trains de banlieue et de tramways sont progressivement réinvestis, avec en particulier la création de la gare souterraine pré-citée et de prolongements de lignes de tramway⁵⁴. Le rapport de 1982 « Environnement, ville et transports » a été en Suisse la première conception communale des transports à être une conception d'ensemble et soucieuse de l'environnement. Cette politique va être mise progressivement en place dans les années 80, soutenues par le mouvement social écologiste et des événements tels que les pluies acides ou la mort des forêts, événements qui vont marquer

⁵² www.s-bahn-bern.ch

⁵³ Stadt Bern 1990.

⁵⁴ www.rail-info.ch

l'opinion en Suisse alémanique. La conception bernoise des transports fut toutefois mise en œuvre progressivement. A partir de 1989, les quartiers d'habitation furent pourvus progressivement de panneaux indiquant les zones à 30 km/h et les zones bleues avec macarons de résidents. En 1989 encore entra en vigueur au niveau fédéral, l'interdiction de stationner sur les trottoirs.

L'aménagement de la Ville de Berne a pour objectif la coordination « écocpatible » de la planification des transports et de l'aménagement. Ces efforts en vue d'une conception cohérente se retrouvent très tôt au niveau cantonal et régional. Ils imprègnent aussi bien la quantité relativement élevée de réglementations légales à ce sujet que les divers rapports sur la problématique de l'aménagement et les projets concrets. La volonté de coopération et de coordination par-delà les offices et les niveaux se manifeste également dans les divers documents.

Dès les années 1980, la politique engagée par la ville de Berne va être épaulée par la conception cantonale des transports. En 1989, le Conseil d'Etat bernois adopte le rapport « La politique des transports dans le canton de Berne ; Etudes de base – Problèmes – Objectifs », qui présente la conclusion d'une première phase d'élaboration de la politique cantonale des transports. Le rapport énonçait plusieurs objectifs et principes axés sur le report modal vers les moyens de transport les moins polluants et les moins consommateurs d'espace et l'internalisation des coûts externes et sociaux du transport.

Dans cette optique, le Grand Conseil approuve le projet d'un RER bernois en novembre 1992, projet qui prévoit un amarrage très strict des nouvelles urbanisations aux gares, selon les principes suivants :

- Tissu bâti volontairement dense aux abords des stations du RER ;
- Coordination avec le développement économique (zones d'activités économiques à proximité des gares) ;
- Coordination avec le projet « Habitat » (construction de 5000 logements à proximité des gares).

Après le lancement de la première ligne *RER* (Fribourg/Laupen-Bern-Thun) en 1987, le réseau a été progressivement étendu :

- **1995** : S2 (Schwarzenburg-Bern-Langnau-Trubschachen),
- **1998** : S11 (Fribourg-Bern), S3 (Biel-Bern-Belp-Thun), S33 (Bern-Belp-Thun), S4 (Langnau-Burgdorf-Bern-Bümpliz Nord), S44 (Huttwil-Burgdorf-Bern), S5 (Bern-Kerzers-Neuchâtel), S5 (Bern-Bümpliz Nord-Rosshäusern), S55 (Bern-Kerzers-Murten-Avenches),
- **1999** : S22 (Bern-Konolfingen) (www.s-bahn-bern.ch)

c) Politique urbaine de stationnement

Suite à la conception communale des transports d'ensemble et soucieuse de l'environnement de 1982, la Ville de Berne introduit à partir de 1989 des zones bleues avec macarons pour les résidents. Soutenue par une votation populaire, la ville suit une politique restrictive de stationnement, basée sur des actions comme :

- Augmentation des tarifs de stationnement, réduction du nombre d'emplacements et limitation stricte de la durée de stationnement au centre-ville,
- Instauration des zones bleues (limitation de la durée de stationnement, possibilité d'abonnement annuel pour riverains et commerçants) et multiplication des parcs relais à proximité des stations du RER dans la banlieue et des communes voisines du centre,
- Imposition cantonale d'une taxe sur les parkings des bâtiments administratifs cantonaux pour les employés et visiteurs (taxe réduite pour les employés obligés d'utiliser leur

voiture pour se rendre au travail). La ville de Berne a également imposé des taxes pour ses employés.

- Accords avec les propriétaires privés et limitations pour les aménagements nouveaux en fonction de l'accessibilité aux transports publics.
- Stratégie de sensibilisation pour créer une attitude positive vis-à-vis de cette politique restrictive de stationnement⁵⁵.

Il résulte de cette politique que l'offre de stationnement dans le centre de Berne est très peu développée, comme l'illustre le tableau I-5.

Tableau I-5 : Offre de stationnement dans le centre-ville 1993-1994

	<i>Genève</i>	<i>Berne</i>	<i>Grenoble</i>
<i>Offre sur voirie</i>	5 200	1 100	9 500
<i>Offre en ouvrage</i>	3 300	1 400	3 500
<i>Offre publique totale</i>	8 500	2 500	13 000
<i>(% du total général)</i>	(75%)	(66%)	(62%)
<i>Offre privée totale</i>	2 900	1 300	8 000
<i>(% du total général)</i>	(25%)	(34%)	(38%)
<i>Total général</i>	<i>11 400</i>	<i>3 800</i>	<i>21 000</i>
<i>Ratio pl. tot./hab. aggro.</i>	0.03	0.01	0.05
<i>Ratio pl. tot./emp. + hab. dans le centre</i>	0.2	0.1	0.2

Source : Kaufmann (2000), p. 116

7. Genève : une tradition d'urbanisme et la laborieuse reconstruction d'un réseau de trams

a) Transports publics : Du tramway détruit au tramway reconstruit

Canton-ville de 430 000 habitants environ⁵⁶, Genève est densément peuplée (plus de 107 habitants à l'hectare sur la ville-centre). De tout temps elle a été une ville sans arrière-pays à proximité d'une frontière nationale, ce qui explique cette forte densité. A ce contexte vient s'ajouter une politique stricte d'aménagement du territoire menée dès les années 60, afin de maintenir une ceinture verte autour de la ville agglomérée (la campagne genevoise). Celle-ci exerce une pression à la densification.

En matière de transports publics, Genève fut une ville pionnière puisqu'en 1862, elle est la quatrième ville européenne à mettre en service une ligne de tramway. Le réseau de tramways compte 175 km de lignes en 1925 dont notamment des lignes transfrontalières. Ce très vaste réseau se caractérise par des lignes radiales de grande longueur qui révèlent la volonté de joindre les localités environnantes au chef-lieu et pallient l'absence de chemin de fer.

Après la Seconde Guerre mondiale, le réseau de tramways est en mauvais état et nécessite de grands investissements. Dans les années 50, soit au début de la démocratisation de l'automobile, les tramways sont perçus à Genève comme des obstacles à la fluidité du trafic. Cet état d'esprit entraînera leur disparition presque totale en dix ans. C'est ainsi qu'en 1969, il n'en subsiste plus qu'une seule ligne, la ligne 12. Parallèlement à cet abandon du tramway, des quartiers suburbains, puis des zones industrielles se développent. Les quartiers d'habitations sont généralement desservis par de nouvelles infrastructures routières (radiales et de rocades) et par des prolongements de lignes de transports publics existantes. A cette époque, la question du report modal n'est pas d'actualité ; on considère les transports publics comme un service public destiné aux captifs. Les investissements cantonaux en matière d'infrastructures de transport vont donc essentiellement à la route.

En 1983, une initiative populaire « pour des transports publics efficaces » est déposée par un collectif d'associations, elle sera le déclic qui marque l'amorce d'un changement d'attitude à l'égard des transports publics. Cette initiative demande le redéploiement d'un réseau de tramways. Au milieu des années 80, on étudie le projet d'une « croix ferroviaire » de tramways ou VAL reliant Meyrin et Onex aux 2 branches de la ligne 12 de tramway restante⁵⁷.

Les plans directeurs des transports publics se succèdent, après le « Plan directeur des transports publics à l'horizon 1990 », suit le « Plan directeur des transports publics 1990-1994 » (République et Canton de Genève, 1989), puis « Transports collectifs 2000-2005 » (République et Canton de Genève, 1992). Ces deux derniers sont des concrétisations du contre-projet à l'initiative « Pour des transports publics efficaces » accepté par les genevois en 1988. Il fixe la qualité de l'offre de transports publics par le biais d'une loi qui définit les fréquences de passage, les vitesses commerciales, le maillage du réseau et la couverture horaire des services (République et Canton de Genève, 1988). D'autre part, il prévoit le développement d'un réseau ferré de transports publics urbains dont une première ligne de tramway a été inaugurée en 1995 (tram 13), après l'abandon définitif des projets VAL. Le réseau de tramways va poursuivre son extension à partir de cette période pour atteindre environ 20km en 2004.

⁵⁶ La ville de Genève compte en 2004 plus de 180 000 habitants.

⁵⁷ Commission externe d'évaluation des politiques publiques 2000, p.12.

Au plan de la desserte ferroviaire, Genève n'est de facto desservie que par deux axes : Genève – Nyon et Genève – Bellegarde. En 1994, la ligne ferroviaire Cornavin – La Plaine – (Bellegarde) est revitalisée en coordination avec les lignes de rabattement des transports publics genevois. En décembre 2004, la desserte ferroviaire régionale Genève – Nyon est améliorée grâce à un doublement des services (désormais à la demi-heure) et un prolongement de Cornavin à Lancy Pont Rouge, soit un tronçon qui permet de desservir d'importantes zones d'emplois proches du centre-ville. La faiblesse du rail en région genevoise a pour conséquence que la région transfrontalière française environnante, qui dépend très fortement de Genève pour l'emploi (plus de 40'000 frontaliers en 2004), est très mal desservie par les transports publics. Cette situation devrait cependant changer avec la probable réalisation d'une liaison ferroviaire en tunnel performante entre Genève et Annemasse à l'horizon 2012 (le projet CEVA). La mise à l'enquête publique du projet est prévue pour 2005 et le début des travaux pour 2006. La liaison sera essentiellement réalisée en tunnel et en tranchée couverte et desservie par des trains RER et des InterRegio internationaux (tronçon français depuis la frontière jusqu'à Annemasse). Des terrains disponibles, notamment autour de la gare Eaux-Vives (6 hectares de friches) seront urbanisés en fonction de ce projet.

En 2004, les transports publics genevois (TPG) exploitent 4 lignes de tramways, 84 lignes de bus (dont 6 lignes de trolleybus)⁵⁸. Ce réseau est complété par les lignes de chemin de fer régionales précitées.

b) La dynamique des fluides au service de la dissolution des embouteillages

Parallèlement au développement des transports publics, un plan de circulation intitulé « Circulation 2000 » (République et Canton de Genève, 1992) est lancé dès le début des années 1990. Il découle directement des normes fédérales en matière de pollution de l'air et de nuisances sonores, dont le respect est imposé aux cantons. Il reprend les principes du plan de circulation bernois et vise à réduire l'usage de l'automobile en milieu urbain. Sa première étape a été réalisée en 1993, conjointement à la mise en service d'une rocade autoroutière (complétée en 1997 par le contournement Plan-les-Ouates), et suscite une pluie d'oppositions qui découle d'un déficit important de concertation, de maladresses de communication et de quelques imperfections conceptuelles (la proposition réduit la circulation, mais ne libère aucun espace pour les piétons ou les transports publics en échange, elle est reçue comme essentiellement coercitive - Kaufmann, 1996). Les étapes suivantes de ce plan, agendées pour 1995 et 1997, ont été abandonnées. Le concept a été actualisé et désormais appelé « Mobilité 2005 », suite au refus de votation populaire de la traversée de la Rade, élément du Plan « Circulation 2000 ». Ses priorités vont à la rentabilisation des infrastructures existantes, en limitant les investissements complémentaires aux travaux strictement indispensables.

Pour tenter d'endiguer les nombreux embarras de circulation, le canton de Genève mise sur un système de régulation de la signalisation lumineuse à l'échelle de l'agglomération. Ces « feux robinet » dont le principe est basé sur la dynamique des fluides, permettent de réduire le nombre de véhicules entrant dans le centre en fonction de la capacité du réseau interne. On délocalise de cette façon les files d'attente sans trop pénaliser la circulation automobile. La mesure est accompagnée par la création des bips des transports publics aux carrefours qui permettent aux transports publics de devancer les files d'attente raccourcies en amont des carrefours⁵⁹.

⁵⁸ www.unireso.com

⁵⁹ Office de Transports et de Circulation du Canton de Genève 1996, p. 14-15.

c) Aménagement du territoire : une absence d'articulation avec les transports publics⁶⁰

Morphologiquement, le bassin de vie genevois est donc favorable à l'utilisation des transports collectifs, d'autant plus qu'une part importante des emplois se trouve concentrée dans la ville-centre. Malgré cela, l'utilisation de l'automobile domine largement la mobilité quotidienne dans cette agglomération. La quasi-absence de réseau ferré (ou d'autres axes lourds de transports publics) dans l'agglomération genevoise limite considérablement les opportunités d'articuler la planification urbaine aux infrastructures de transports collectifs⁶¹. Malgré cela, le canton de Genève se caractérise par une tradition de planification urbaine qui se traduit par l'adoption précoce du plan directeur comme outil d'aménagement (en 1948).

En 1948, le premier schéma cantonal est élaboré à l'horizon 2050. Son argument central est la salubrité qu'il cherche à établir en reconstruisant l'espace bâti et en créant des nouveaux quartiers. Le schéma n'aborde pas les liens entre l'urbanisation et les infrastructures de transport.

Le plan directeur de 1966 s'inscrit dans une période de croissance urbaine et une ère d'enthousiasme technologique. La planification est basée sur l'automobile : un plan « alvéolaire évolutif » propose de structurer l'agglomération par des voies express (notamment par une petite, moyenne et grande rocade urbaine). On y trouve la continuité du paradigme de séparation des fonctions. Des sites industriels accessibles par rail et route sont prévus à l'extérieur de la ville. Un développement de l'habitat à haute densité est projeté.

Ce deuxième plan rencontrera des difficultés sur toute la ligne et sera remplacé par un troisième plan directeur en 1975. La réalisation des voies express très coûteuses est traitée comme objet des choix politiques. Le principe d'articuler l'urbanisation aux réseaux routiers n'est néanmoins pas mis en question.

Dans les années 80, une rupture dans la coordination entre urbanisme et transport a lieu. Pour mieux répondre aux problèmes urbains générés par le trafic automobile, la planification des transports est développée à partir de cette période indépendamment du Plan directeur cantonal dans un Plan directeur des transports. Le Plan directeur de 1989 est basé sur le principe de « bâtir la ville sur la ville », de préserver l'environnement naturel et de densifier le centre.

Contrairement au Plan directeur de 1989, celui de 2000 envisage des nouvelles urbanisations. Il a une vision régionale (espace franco-valdo-genevois) de l'aménagement et promeut une organisation en « pôles différenciés » multifonctionnels. S'inscrivant dans la finalité du développement durable, le développement des transports publics dans la région est très présent par des projets ambitieux, tels que développer un réseau de tramways transfrontalier, créer un maillage complet franco-suisse de desserte régionale de chemin de fer, améliorer les pôles d'interfaces, etc. (Le schéma identifie comme voies urbaines structurantes : route Suisse, route de Ferney, rue de la Servette-route de Meyrin, rue de Lyon, av. L. Casaï, route de Chancy, route de Chêne, rue de Genève, route de St-Julien, route des Acacias.) Un objectif est l'aménagement progressif du site de La Praille comme interface de transports publics (train, tram, parking d'échange). Un autre enjeu est la maîtrise de l'organisation des espaces publics et le fonctionnement de l'interface de ce nouveau pôle du sud de l'agglomération⁶².

60 Kaufmann Vincent et al., 2001.

61 Avec l'abandon du projet de RER, qui aurait nécessité de lourds investissements pour raccorder les gares de Cornavin et des Eaux-Vives, cette situation semble désormais difficilement réversible.

62 <http://www.geneve.ch>

d) Une ville centre qui tente de gérer le stationnement

Dans les années 90, la ville de Genève suit une nouvelle politique de stationnement avec l'introduction d'un système de macarons pour habitants et commerçants dès 1997 et qui s'étend progressivement dans toute la ville. Néanmoins suite à de faibles contrôles policiers, la nouvelle politique a eu du mal à trouver son efficacité. Depuis 2002, les contrôles sont cependant renforcés. Des parkings d'échanges ont été créés en périphérie avec abonnements combinés P & R, tandis que le centre-ville gagne des nouvelles places de courte durée dues à la construction des nouveaux parkings souterrains (coordonnés avec la suppression en surface) et l'introduction d'horodateurs⁶³. Le nombre de stationnements au centre-ville de Genève est comparable avec celui de Lausanne, tandis que le nombre est largement inférieur à Berne et supérieur à Grenoble (cf. tableau I-5).

63 République Canton de Genève 1997.

Synthèse et comparaison des agglomérations

Arrivés au terme de la présentation rétrospective des politiques de transports et d'aménagement menées dans les sept agglomérations sur lesquelles nous travaillons, nous allons en proposer une synthèse comparative.

Cette synthèse se focalisera sur la période couverte par notre recherche, c'est-à-dire celle comprise entre les deux EMD comparées, soit rappelons-le pour Lyon la période 1985 – 1995, pour Grenoble 1992 – 2002, pour Rennes 1991 – 2000, pour Strasbourg 1988 – 1997 et pour les trois agglomérations suisses la période 1994 – 2000. Conformément aux hypothèses retenues, la synthèse concernera l'évolution des accessibilités à la ville, et en particulier les quatre dimensions suivantes : la qualité de l'offre de transports publics, l'articulation entre transports et urbanisation, les infrastructures routières et la gestion des accès automobiles au centre-ville.

Nous commençons par un récapitulatif des principaux événements dans chaque agglomération :

Lyon. Le tramway est introduit en 1893 et supprimé en 1957, comme une partie du réseau trolleybus dans les années 60. La politique des années 60-70 est duale, et vise à favoriser les infrastructures (auto-) routières en banlieue et le métro au centre (4 lignes construites). En 2001, le tramway est réintroduit. Les principaux objectifs du PDU 1997, actuellement en cours de réalisation, sont l'amélioration de la circulation au centre par détournement du transit, et l'introduction de nouvelles zones tarifaires de stationnement accompagnée de contrôles. La période 1985 – 1995 que nous étudions se caractérise essentiellement par la mise en service de nouvelles lignes de métro, le développement de la suburbanisation et de la périurbanisation autour des grands réseaux routiers, qui sont en pleine extension durant cette décennie. Nous retiendrons également que l'offre de stationnement de centre-ville s'est considérablement étendue durant cette période, avec notamment la création de parking en ouvrage le long des quais. Clairement, la période sur laquelle nous travaillons est celle d'une volonté d'offrir une double accessibilité automobile et transports publics au centre-ville de Lyon.

Grenoble. La forme en « Y » de l'agglomération, dictée par le relief, fait que Grenoble s'est développée en doigt de gant jusqu'à une période récente. En 1987, Grenoble est la deuxième ville française qui réintroduit le tramway (13 ans avant Lyon et 7 ans avant Strasbourg). A partir des années 70, le syndicat mixte des transports envisage simultanément l'amélioration de l'accès au centre et la piétonisation de l'hypercentre. Depuis les années 80, la municipalité favorise à la fois une politique de l'offre tramway innovante et une amélioration de l'infrastructure routière. Avec le tramway, on tente d'équilibrer le rapport centre-périphérie au profit des centres secondaires de la première couronne. Le tramway ne donne néanmoins pas de réponse à l'échelle de la région, caractérisée par une concentration d'emplois au centre et le long des autoroutes en 1^{ère} couronne, tandis que l'habitat est davantage éparpillé. Le centre-ville est doté d'une offre importante en places de stationnement, qui s'est encore considérablement accrue entre 1990 et 2000. La période 1991 – 2002 sur laquelle nous travaillons se caractérise par la mise en service de lignes de tramways et le développement de la périurbanisation autour de l'automobile à l'échelle régionale. Comme à Lyon, la politique menée est marquée par la volonté d'offrir le « libre choix » des modes de transports pour se rendre au centre-ville : un réseau de tramway performant irrigue progressivement les parties denses de l'agglomération, mais parallèlement, l'offre de stationnement de centre-ville est étendue et il n'y a pas de réelle volonté d'amarrer les nouvelles urbanisations aux transports en commun ou de maîtriser la périurbanisation.

Rennes se caractérise par l'absence de contraintes topographiques majeures, mais suit depuis des années 70 un urbanisme visant à diriger la croissance urbaine autour de noyaux villageois, tout en préservant une ceinture verte autour de la ville-centre, la « ceinture des Villettes ». Au cours des années 70, le centre est en partie piétonisé et on commence à penser à un TCSP, projet qui ne se réalisera finalement pas sous la forme d'un tramway, mais d'un VAL, inauguré en 2002. Le projet se limite à une desserte du centre par le VAL et à son accessibilité (P+R). Dès 1993, une politique de redistribution des revenus communaux (par uniformisation des taxes locales à l'échelle de Rennes Métropole) vise à réduire les disparités spatiales. L'intercommunalité a une longue tradition à Rennes. La politique de stationnement actuelle est marquée par une augmentation des tarifs, mais peu respectée, ce qui a motivé le renforcement de la brigade de contrôle en 2004. Pendant la période que nous étudions (1991 – 2002), soit avant la mise en service du VAL, le développement de Rennes se caractérise avant tout par la mise en service de nouvelles rocade routières, par une périurbanisation galopante à l'intérieur et surtout à l'extérieur du périmètre de Rennes Métropole qui favorise l'utilisation de l'automobile. Notons aussi que durant cette période l'offre de transports publics peut être considérée comme médiocre et que le stationnement de centre-ville est très abondant et peu contrôlé. En résumé, nous avons à faire à une agglomération qui se structure autour de la voiture et met ses habitants dans une situation de dépendance automobile assez marquée pour peu qu'ils n'habitent pas dans le centre de l'agglomération.

Strasbourg est une ville marquée par la proximité de la frontière franco-allemande et le Rhin. Le dernier tram y circule en 1960, tandis que les trolleybus y circulent entre 1939 et 1962. Les années 60 sont marquées par la création d'un réseau autoroutier dans la logique de l'agglomération, et les années 70 par la construction d'une rocade de contournement. Le tramway est réintroduit par étapes dès 1994 (actuellement trois lignes sont en service). Sa réalisation est doublée d'une piétonisation du centre et d'une limitation de l'offre en matière de stationnement. Si l'on se focalise sur la période comprise entre les deux EMD que nous analysons, soit la période 1988 – 1997, nous observons que Strasbourg se caractérise par la mise en service du tramway et la volonté concomitante de susciter des reports modaux pour les déplacements à destination du centre-ville. C'est ainsi que Strasbourg est la ville française qui a mené la politique du stationnement la plus volontariste dans les années 1990, en réduisant le nombre de places dans le centre et en développant un contrôle de ce stationnement assez efficace. Notons aussi que Strasbourg a mis en place durant cette même période un système de régulation des signalisations lumineuses qui donne la priorité au tram par rapport à l'automobile, que le transit routier par le centre-ville a été découragé par un nouveau plan de circulation, mais que en revanche, rien n'a été entrepris pour maîtriser ou canaliser la périurbanisation.

Zurich est un important nœud ferroviaire se caractérisant par une forte concentration des emplois au centre. Le tramway, introduit vers la fin du XIX, a été maintenu jusqu'à nos jours. Suite à une votation populaire en 1973 son réseau est même étendu dès 1976. Depuis les années 70, l'agglomération suit une politique de priorité des transports publics, celle-ci se traduit par l'adoption dès les années 1970, d'un système de signalisation lumineuse avec priorité aux transports publics. Dans les années 80, les macarons de stationnement pour les résidents sont introduits : on cherche à limiter l'offre de stationnement au centre pour les pendulaires. En 1981, la réalisation d'un RER (ou *S-Bahn*) est acceptée en votation populaire par les citoyens du canton de Zurich, il est mis en place dès 1990. Le projet national d'amélioration de l'offre ferroviaire *Rail 2000*, dont la première étape s'est terminée fin 2004, a par ailleurs fortement amélioré la desserte (cadencement, vitesse) de la région urbaine. Durant la période comprise entre les deux enquêtes, soit la période 1994 - 2000, relevons que le *S-Bahn* s'est considérablement développé, offrant une amélioration notable de l'efficacité des transports publics. Cette amélioration a été combinée à une volonté d'amarrer les

urbanisations nouvelles aux zones bien desservies par le réseau de S-Bahn. Toujours durant la période 1994-2000, notons qu'aucun investissement routier d'importance n'a été ouvert à l'exploitation, par contre la politique du stationnement a été considérablement renforcée, par la généralisation du stationnement payant à des tarifs élevés et un contrôle efficace.

Berne. Le tramway a également été introduit à la fin du XIX^{ème}, son réseau est réduit à trois 3 lignes dans les années 1960. Berne est en outre au centre d'une étoile ferroviaire très développée (13 lignes). Depuis les années 1970, on y suit une politique visant à maintenir une offre de transports publics lourde, performante et à amarrer les nouvelles urbanisations à cette offre. Parallèlement, les accès routiers sont régulés par un plan de circulation routière empêchant le transit par le centre et une gestion restrictive du stationnement fondée sur la rareté plus que sur les prix (les « zones bleues », c'est-à-dire du stationnement gratuit sur voirie à durée limitée, sont très étendues). Dans les années 1990, le réseau ferroviaire régional adopte progressivement un principe d'exploitation type RER, c'est-à-dire avec des lignes diamétrales. Durant la période analysée (1994 – 2000), les changements intervenus sont l'introduction du RER, la poursuite de l'amarrage des nouvelles urbanisations aux gares, l'extension de la politique du stationnement fondée sur les zones bleues et les macarons.

Genève suit depuis les années 1960 une politique de ceinture verte (maintien de la zone agricole) et se caractérise par sa forte densité. Malgré cette morphologie favorable aux transports publics, les réseaux ferrés y sont peu développés. Le réseau de tramway, introduit déjà en 1862, a été démantelé dans les années 1960 pour fluidifier le trafic routier. Dans les années 1980, une initiative populaire marque un tournant dans la politique « tout automobile » : elle demande la réalisation de « transports publics ferrés efficaces » et débouche finalement sur la reconstruction progressive de l'ancien réseau de tramways, à partir de la seule ligne restante (le tram 12). Malgré l'intention de donner la priorité aux transports publics, ceux-ci gagnent néanmoins peu en vitesse commerciale. L'offre de stationnement public et privé au centre est assez élevée et le système de zones bleues à macaron introduit dès la fin des années 1990 a été peu respecté, faute de contrôles, jusqu'à une période récente. Durant la période que nous étudions, les principaux événements qui marquent la politique des transports à Genève sont l'extension du réseau de trams, l'ouverture d'une nouvelle rocade autoroutière (en 1993, puis 1997), le développement des urbanisations suburbaines autour des accès routiers et la stabilisation de l'offre de stationnement au centre-ville.

La comparaison des sept agglomérations sous l'angle du système de transports urbains au début de la période étudiée met en relief des différences importantes. La plus marquante est sans doute l'étendue des réseaux lourds de transports publics urbains et régionaux. Berne et Zurich, qui n'ont pas défermé leurs réseaux de tramways et de chemins de fer secondaires dans les années 1950-1960 ont dans ce domaine un avantage certain. Autre différence marquante entre les agglomérations étudiées : l'étendue de l'offre de stationnement dans le centre. Dans ce domaine force est de constater une différence assez marquée entre les agglomérations françaises et suisses. Ces dernières en sont moins dotées.

Tableau I-6 : Type d'organisation des réseaux de transports
(à l'époque des dernières enquêtes)

France	Lyon	Grenoble	Rennes	Strasbourg
Offre TC	Réseau lourd	Bus + Tram	Bus	Bus + Tram
Limitation du stationnement	Contrainte faible	Contrainte faible	Contrainte faible	Contrainte faible sauf dans l'hypercentre
Infrastructures vélo	Peu développées	Moyennement développées	Peu développées	Très développées
Gestion des accès routiers au centre	Incitatrice	Favorable à l'automobile	Favorable à l'automobile	Restrictive

Suisse	Zurich	Berne	Genève
Offre TC	Réseau lourd	Réseau lourd	Bus + Tram
Limitation du stationnement	Contrainte forte	Contrainte forte	Contrainte faible sauf dans l'hypercentre
Infrastructures vélo	Très développées	Très développées	Moyennement développées
Gestion des accès routiers au centre	Restrictive	Restrictive	Favorable à l'automobile

Source : Jemelin et al., (2006)

Tableau I-7 : Etendue des réseaux de transport au début de la période étudiée

	Lyon 1985	Grenoble 1991	Rennes 1992	Strasbourg 1988	Zurich 1994	Berne 1994	Genève 1994
TCSP urbain	O	O	-	-	+	+	O
Desserte ferrée d'agglom.	O	-	O	+	+	+	-
Réseaux autoroutiers	+	O	+	O	+	+	O
Volume d'offre stat. dans le centre	+	+	+	O	O	-	O

Légende : + « très développé », O « moyennement développé », - « peu développé »

L'examen comparatif des sept agglomérations durant la période met en évidence **trois types de différences**.

La première concerne les transports publics : durant la période étudiée, certaines agglomérations investissent dans l'amélioration des transports publics urbains par des tramways ou des métros (Lyon, Grenoble, Strasbourg, Genève), tandis que d'autres misent sur

une amélioration de la desserte à l'échelle régionale par chemin de fer (Zurich, Berne). Rennes ne mettant en exploitation aucun nouveau transport public lourd pendant les années étudiées.

La deuxième concerne la manière dont est pensé le lien transport urbanisation. Si Lyon, Grenoble, Strasbourg laissent faire les « effets structurants » du marché, ce lien est pensé à partir des infrastructures routières à Rennes et Genève, tandis qu'à Zurich et Berne, l'articulation transport urbanisme est planifiée autour des accessibilités en transports publics.

La troisième concerne les politiques de régulation des accès au centre de l'agglomération. Certaines agglomérations développent durant la période étudiée le stationnement de centre-ville, c'est en particulier le cas de Lyon et Rennes, tandis qu'au contraire, Strasbourg et Berne adoptent une politique de gestion du stationnement fondée sur la différenciation des usages (généralisation de la courte durée gratuite ou à tarif réduit avec macaron pour les habitants). Zurich mise sur une politique de régulation par les prix. Grenoble et Genève ne prennent guère de mesure dans le domaine de la gestion du stationnement durant la période couverte par notre analyse.

Tableau I-8 : Principaux changements affectant l'accessibilité durant la période étudiée

	Grenoble	Lyon	Rennes	Strasbourg	Berne	Genève	Zurich
Période concernée	91-02	85-95	92-00	88-97	94-00	94-00	94-00
Nombre d'années	9	10	8	9	6	6	6
Extension TCSP urbain	+	+	-	+	-	+	-
Extension desserte ferrée d'agglom.	-	-	-	-	+	-	+
Extensions réseaux autoroutiers	-	+	+	-	-	+	-
Extension volume d'offre stat. dans le centre	-	+	+	-	-	-	-
Régulation du stat. par les prix	-	-	-	-	-	-	+
Régulation du stat. par types d'usages	-	-	-	+	+	-	-

Légende : + « développé pendant la période », - « pas de changement durant la période »

Finalement, la mise en relation de l'étendue des infrastructures et services de transport avec la politique menée durant la période étudiée dans chaque agglomération met en évidence **trois situations spécifiques** :

- Des agglomérations disposant de transports publics urbains et régionaux performants, optimisant ces infrastructures et services tout en menant une politique de gestion des accessibilités routières aux centres urbains : il s'agit de *Strasbourg, Zurich et Berne*.
- Des agglomérations disposant de transports publics urbains performants, d'une offre régionale lacunaire, et qui poursuivent le développement de leurs infrastructures de transports publics urbains et de roades routières, tout en ne menant pas de politique de restriction d'accès à l'automobile dans le centre urbain : il s'agit de *Lyon, Grenoble et de Genève*.
- Une agglomération peu dotée en transports publics urbains et régionaux, qui, durant la période étudiée, a suivi une politique de promotion du trafic individuel : *Rennes*.

III. Présentation des données et de leur traitement préliminaire

Les données utilisées sont présentées dans cette partie. La question de leur comparabilité est aussi discutée, tant sur le plan des méthodologies d'enquête, que celui de la définition et la mesure des indicateurs. La première section présente les objectifs des EMD françaises et ceux du Microrecensement suisse et critique la convergence des méthodologies d'enquêtes au travers d'une série de questions, telles que : qui est enquêté ?, quelle mobilité, quel mode, quels motifs de déplacements sont considérés ?, comment le caractère spatiale des mobilités est-il intégré ? En seconde section, la méthodologie de comparabilité des données des 14 enquêtes est présentée. Elle revient notamment sur la question de la sélection des déplacements similaires, de la définition de zonages comparables ou la normalisation des motifs de déplacements.

1. Enquêtes-Ménages Déplacements et Microrecensement

a) Les informations renseignées

Les Enquêtes-Ménages Déplacements françaises : Depuis 1976, 40 agglomérations françaises sont étudiées selon la méthodologie standard CERTU. Les ménages sont interrogés sur leur composition, leur équipement en mode de transport, leurs pratiques de mobilité (pour tout mode et tout motif), et leur opinion sur la politique des transports ou des sujets locaux. Au final, toutes les personnes de plus de 5 ans du ménage sont interrogées sur tous les déplacements qu'elles ont réalisés la veille (motifs, modes, horaires, zones) Au minimum 1500 ménages par agglomérations sont interrogés (voire plus pour atteindre la fiabilité statistique nécessaire à l'étude des zones).

Le Microrecensement suisse : Depuis, 1974, tous les 5 ans une enquête nationale de mobilité des ménages est réalisée. En 2000, 27918 ménages (29407 personnes de référence de plus de 6 ans) sont interrogés. 10 régions ont fait l'objet d'un suréchantillonnage afin de fournir l'information nécessaire à une étude désagrégée locale. C'est le cas des agglomérations suisses sélectionnées dans cette étude. Les déplacements des personnes de référence sont décrits par leur motifs, leurs horaires, leurs modes et leurs origines et destinations, sur un jour de référence.

(1) Qui est observé ?

Les deux types d'enquêtes proposent des définitions de la personne observée relativement proches et donc comparables. Très peu de restrictions apparaissent dans le choix des individus interrogés. Les limites d'âges sont très proches (5 et 6 ans). Comme nous le discuterons ci-dessous, seules les méthodes d'enquête peuvent avoir imposé des sur ou sous-représentations de certains types d'individus (personnes hyper-mobiles ou ménages non-équipés du téléphone).

Cependant, du fait de la double vocation du microrecensement suisse (descriptions nationale et locale des pratiques de transport), certaines nuances existent et réduisent certaines dimensions de l'étude. Les individus enquêtés par le microrecensement sont des personnes de référence des ménages choisies aléatoirement. Alors que dans les EMD, l'ensemble des membres de plus de 5 ans d'un ménage est interrogé. Les comportements de mobilité liés entre les membres d'un ménage ne pourront être observés complètement, ni les participations conjointes aux activités hors-domicile. Ainsi, les questions de partage de responsabilités du ménage, la gestion de la charge des enfants, les interactions entre les pratiques de mobilité des membres, mais aussi, les arbitrages intervenant dans le choix de localisation seront difficilement analysables à partir de l'échantillon suisse.

(2) Comment est réalisée l'enquête ?

Les différences en termes de méthodologies d'enquête sont susceptibles d'introduire certaines sources d'influences des données. En matière d'observation des durées d'activité (dont le transport), la façon dont les questions sont posées peut avoir un impact sur l'exactitude des durées révélées (Robinson, 1997). Ainsi, le type de contact avec l'enquêté et le système déclaratif s'avèrent influents.

La nature de la relation enquêteur / enquêté

Des différences peuvent apparaître selon que l'enquête est réalisée par téléphone ou en face à face (Bonnell, 2003). De nombreuses expérimentations ont été réalisées afin de comparer les résultats de ces deux types d'enquête. Il en ressort une précision légèrement plus faible dans les enquêtes téléphoniques, due au biais de sélection imposée par l'équipement téléphonique et la nature de la relation enquêteur/enquêté. En effet, une différence est attendue en termes de qualité de réponse. La relation entre l'enquêteur et l'enquêté peut être de meilleure qualité, lors des enquêtes téléphoniques, car elles ne nécessitent pas l'intrusion au domicile de l'enquêté. Mais inversement, la qualité du travail de l'enquêteur peut être affectée. C'est notamment le cas pour la relance de l'enquêté afin de s'assurer qu'il n'omet aucun déplacement, qui apparaît moins aisée par téléphone. Toutefois, les comparaisons faites en France ne permettent pas de mettre en évidence de différences statistiquement significatives (Bonnell, 1999).

Le système déclaratif

Par ailleurs, les anciennes enquêtes sont basées sur des questionnaires qui demandent aux enquêtés de se souvenir de leurs déplacements de la journée ou de la veille. Alors que les plus récentes demandent aux enquêtés de renseigner un emploi du temps, dans le courant de la journée. Des différences dans les mobilités déclarées apparaissent nettement selon l'une ou l'autre méthode. Par exemple, des tests préliminaires pour l'enquête américaine de 1995 ont montré que l'enquête basée sur un emploi du temps enregistre, en moyenne, 0,5 déplacement supplémentaire par jour et par personne, par rapport à un questionnaire (PlanTrans, 1997). En 1994, les suisses sont passés de la méthode de l'emploi du temps à une méthode CATI associée à un emploi du temps. Ils ont enregistré une hausse de 6 % de la population mobile entre 1989 et 1994 (82,4 % à 88,3 %) (Bundesamt für Statistik, 1996). Dans le cas d'enquêtes par questionnaire, les omissions de certains déplacements sont alors plus probables, que dans les enquêtes par emploi du temps, notamment pour les déplacements les plus courts. L'emploi du temps renseigne aussi les activités autres que le transport. Ainsi, par cette méthode, moins de déplacements sont omis. Cependant, ces améliorations dans le comptage des déplacements conduisent à une augmentation des niveaux mesurés de mobilité, qu'il est alors difficile d'attribuer à un changement effectif du niveau de mobilité ou à une amélioration de la méthode d'enquête (Schafer, 2000).

Les biais de sélection

Les méthodes d'enquête ne peuvent exclure certains biais liés à l'accessibilité et à la disponibilité de la population enquêtée. Ainsi, très peu d'informations sont disponibles sur les très jeunes enfants ou les personnes très mobiles. Et, les enquêtes téléphoniques de type CATI rencontrent des difficultés pour éliminer les biais liés à l'équipement téléphonique qui n'est pas total, au nombre croissant d'abonnés au portable uniquement et aux annuaires « protégés » ou listes « rouges » (Kunert, 1994 ; Schafer, 2000).

Les espaces et les périodes observées

La définition des aires urbaines et du zonage est rarement rigoureusement comparable entre enquêtes. Certaines études incluent des zones rurales dans leur définition. Il en est de même pour le zonage qui affecte, par la taille de chaque zone, les proportions de déplacements inter et intra-zone. La définition du périmètre urbain est particulièrement problématique pour l'étude de l'évolution des mobilités à partir de plusieurs dates d'observation. En effet, le périmètre urbain doit être défini à chaque date afin de représenter au mieux l'aire urbaine. Mais, l'analyse temporelle nécessite une certaine homogénéité de l'aire urbaine à chaque date.

Sans pour autant entacher les résultats de l'étude comparative de ces deux ensembles de données, ces divergences dans les méthodes d'enquête doivent rester à l'esprit de l'analyste.

Tableau I-9 : Eléments de comparabilité des Enquêtes-Ménages Déplacement et du Microrecensement

	EMD	Microrecensement
Enquête	Mobilité Locale (agglomération)	Mobilité nationale (avec suréchantillonnage de 10 cantons)
Méthodologie	Standard CERTU Entretien à domicile	Entretien téléphonique (CATI)
Objet :	Equipement du ménage, pratique de mobilité et opinions sur des thèmes de politique générale des transports ou des thèmes locaux	Equipement du ménage, pratique de mobilité et voyages avec nuit à l'extérieur et voyage en avion et opinion sur la politique suisse des transports
Taille d'échantillon	Min 1500 ménages	(1994) : 16570 ménages, soit 18020 personnes de référence (2000) : 27918 ménages soit 29407 personnes de référence
Qui ?	Toutes les personnes âgées d'au moins 5 ans habitant dans le logement	Les personnes de référence (6 ans +) des ménages (2 pers. pour les ménages > 4 membres de plus de 6 ans)
Quels déplacements ?	Tous les déplacements réalisés la veille du jour d'enquête (jour de semaine)	Tous les déplacements réalisés la veille ou l'avant veille du jour d'enquête (jour de semaine ou week-end)
Quand ?	1 jour de semaine de référence réparti sur plusieurs mois dans l'année (octobre à mai)	1 jour de référence réparti sur tout l'année
Où ?	Le périmètre d'enquête représentant au mieux l'agglomération (défini par le maître d'ouvrage)	L'ensemble du territoire national suisse peut être considéré comme origine ou destination des déplacements

(3) Où sont observés les individus et les déplacements ?

Les déplacements observés sont limités aux périmètres d'étude des Enquêtes-Ménages Déplacements. Sont donc exclus les déplacements sortant de cette définition de l'agglomération propre à chaque enquête. A l'opposé les déplacements relevés dans le microrecensement peuvent avoir comme origine ou destination l'ensemble du territoire national suisse. Le travail sur le microrecensement a donc consisté dans un premier temps à reconstituer des zones d'étude comparables aux périmètres d'étude des EMD françaises. Ce travail a été réalisé en amont par l'équipe du Lasur (cf. section suivante).

L'étude des mobilités est réalisée ici au travers d'un découpage agrégé de chaque ville en 3 zones (centre/suburbain/périurbain). L'impact probable de la définition des aires d'étude sur les résultats de l'analyse des mobilités reste malgré tout présent. Il sera réduit pour la comparaison des centres entre deux dates, qui varient peu, mais croissant pour le suburbain et le périurbain.

(4) Quels déplacements et quelles activités ?

Dans les deux enquêtes, les déplacements sont constitués comme une suite de trajets ou d'étapes effectués pour un certain motif. Dans le microrecensement, les motifs suivants ont été distingués : changement/transbordement, travail, formation, achat/approvisionnement, activité professionnelle, voyage de service, loisirs, déplacements pour rendre service, accompagnement, retour à la maison. Les motifs des déplacements pour les loisirs ont fait l'objet d'une différenciation plus détaillée. Dans les EMD, les motifs sont décomposés en une vingtaine de postes (cf. tableau I-10). Afin, d'assurer la correspondance entre toutes les bases une nomenclature agrégée a été établie (cf. section suivante).

2. La comparabilité des Enquêtes-Ménages Déplacements et du microrecensement

Enfin, certaines sources classiquement problématiques dans cet exercice de comparaison sont ici clairement exclues ou ont fait l'objet d'un travail particulier visant à assurer la comparabilité des données. Ainsi, les personnes considérées ici sont toutes des personnes mobiles⁶⁴. Tous les modes de transports sont considérés, dont la marche à pied. L'observation de cette dernière peut malgré tout être influencée par la méthode d'enquête. Les effets saisonniers semblent a priori réduits, puisque les enquêtes ont été réalisées sur l'ensemble des mois de l'année et l'ensemble de jours « ouvrables » de semaine sont renseignés (les jours de week-end ne sont renseignés que pour les données suisses).

Le travail de comparabilité a consisté à reproduire en Suisse les conditions élaborées par le CERTU, sur deux plans :

- sur un plan géographique : des périmètres d'études comparables à ceux utilisés en France ont été recréés.
- sur un plan de récolte des données : des différences de collecte de données apparaissent, notamment au niveau des déplacements externes aux périmètres d'études, ceux réalisés les jours de week-end ou encore les déplacements multiples réalisés pour un motif professionnel.

Le travail d'harmonisation des bases de données a notamment consisté à exclure ces déplacements pour les agglomérations suisses (Jemelin et al., 2006).

a) Méthodologie de comparabilité

(1) Sélection des déplacements

Le travail amont de nettoyage des bases et de sélection des déplacements visant à assurer la comparabilité des données s'est concentré sur les points suivants :

Filtres sur les personnes considérées :

- les personnes immobiles ne sont pas prises en compte. L'objectif de l'étude est d'analyser les temps de transport des personnes mobiles.
- les personnes dont un déplacement est réalisé à titre professionnel sont écartées.
- les individus dont au moins un déplacement sort de la zone enquêtée sont écartés.

Filtres pour le calage des données suisses sur les EM :

- (pour le MR uniquement) tous les déplacements effectués le samedi et le dimanche sont écartés des enquêtes suisses (les enquêtes françaises ne les renseignent pas). Seuls les déplacements de la semaine sont donc considérés. Le caractère habituel des mobilités observées pourra alors être considéré comme plus important.
- (pour le MR uniquement) tous les déplacements en marche à pieds dont la vitesse est inférieure à 1km/h et dont la durée calculée excède 3h ont été supprimés. Il en est de même pour les déplacements par les autres modes dont la vitesse calculée est inférieure à 3km/h et la durée supérieure à 3h.

Filtres sur les erreurs dans les horaires :

⁶⁴ L'exclusion de la part de population immobile peut induire un biais dans la généralisation des résultats (les proportions d'immobiles pouvant être différentes entre les villes et les dates d'observation). Cependant, la considération des personnes immobiles ouvrirait la question plus difficile du choix de participation à des activités hors-domicile. Question problématique dans la mesure où l'observation se limite aux conditions de mobilité et ne renseigne en rien sur les activités à domicile.

- les individus dont au moins un horaire d'arrivée précède un horaire de départ sont exclus.
- les individus dont une des durées d'activité (durée entre le départ d'une activité et l'arrivée de l'activité précédente) est négative sont écartés.
- les individus dont au moins une durée de déplacement est négative sont supprimés.

Filtres sur les erreurs dans les chaînes de déplacements :

- les individus pour lesquels au moins un déplacement est manquant sont rejetés. Les individus conservés ont donc l'ensemble de leur chaîne de déplacements sur la journée qui est renseignée.
- les individus pour lesquels un seul déplacement est renseigné sont supprimés si le motif n'est pas une simple promenade avec pour origine et destination le domicile.

Le tableau A-1 en annexe présente les tailles des échantillons avant et après ces opérations de nettoyage des bases. Les exclusions représentent une part relativement importante des échantillons, 10 à 20% des individus sont écartés par ces procédures. Toutefois, elles nous paraissent nécessaires afin de réduire les erreurs de mesures importantes qui sont pour une grande partie dues aux erreurs filtrées.

Par exemple, pour le budget-temps de transport moyen, qui est particulièrement sensible aux valeurs extrêmes, pour le cas de l'EMD de Lyon 1995, le filtre sur les horaires permet le repérage et la suppression des individus dont le budget-temps de transport est supérieur à 900 min. En plus de l'impact sur la moyenne ou la médiane de la distribution des budgets-temps de transport, ces corrections réduisent la présence des valeurs aberrantes et réduisent la variance de l'échantillon, ce qui peut avoir un impact sur les résultats de certaines méthodes statistiques (analyse de variance, régression linéaire et autres méthodes de modélisation). Dans l'objectif de l'application d'un modèle de durées aux budgets-temps des activités, la correction des durées aberrantes est particulièrement importante, car cette méthode ne se concentre pas uniquement sur les indicateurs de centralité de la distribution, mais sur l'ensemble des fréquences. Elle est donc particulièrement sensible aux valeurs extrêmes.

(2) Typologie spatiale

La typologie spatiale utilisée dans l'étude est fondée sur les travaux réalisés à Rennes dans le cadre d'une analyse complémentaire de l'EMD (Jemelin et Kaufmann, 2001) et sur une méthodologie développée par Prochasson (2001).

Compte tenu des données à disposition et des typologies existantes les communes des périmètres pris en compte sont classées en trois types : centre, suburbain et périurbain/rural.

Pour les villes françaises :

- les communes de type « centre » ont une densité supérieure à 5000 hab./km² et comptent plus de 100 000 habitants,
- les communes de type « suburbain » possèdent au moins 50% du parc de logements en immeubles collectifs et sont en continuité de la ou des communes centre,
- le solde du périmètre des EMD est classé en « périurbain/rural ».

Pour les villes suisses : la typologie est une adaptation de celle de l'Office Fédéral de la Statistique (2000), qui définit le type « centre » par la fonction de centralité pour les pendulaires. Le type « suburbain », défini sur le bâti et les relations avec les communes centres, est adapté en éliminant les communes de densité inférieure à 500 hab./km². Le « périurbain/rural » est composé des communes restantes.

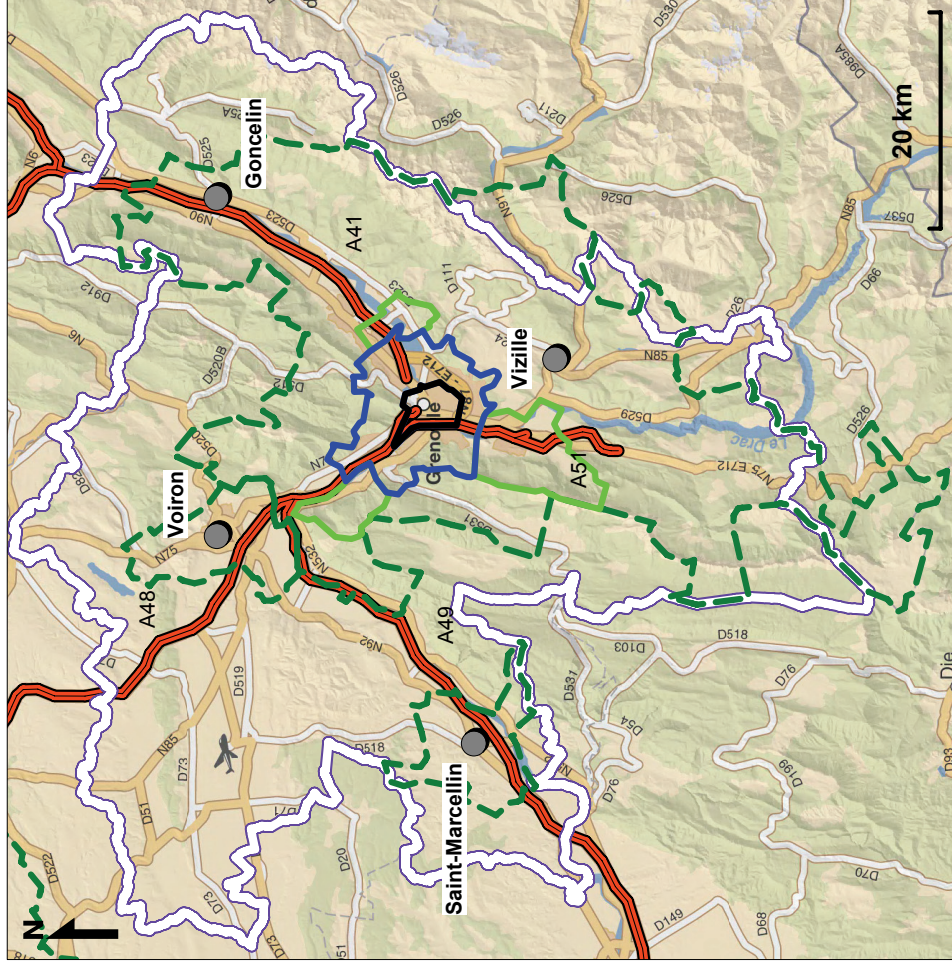
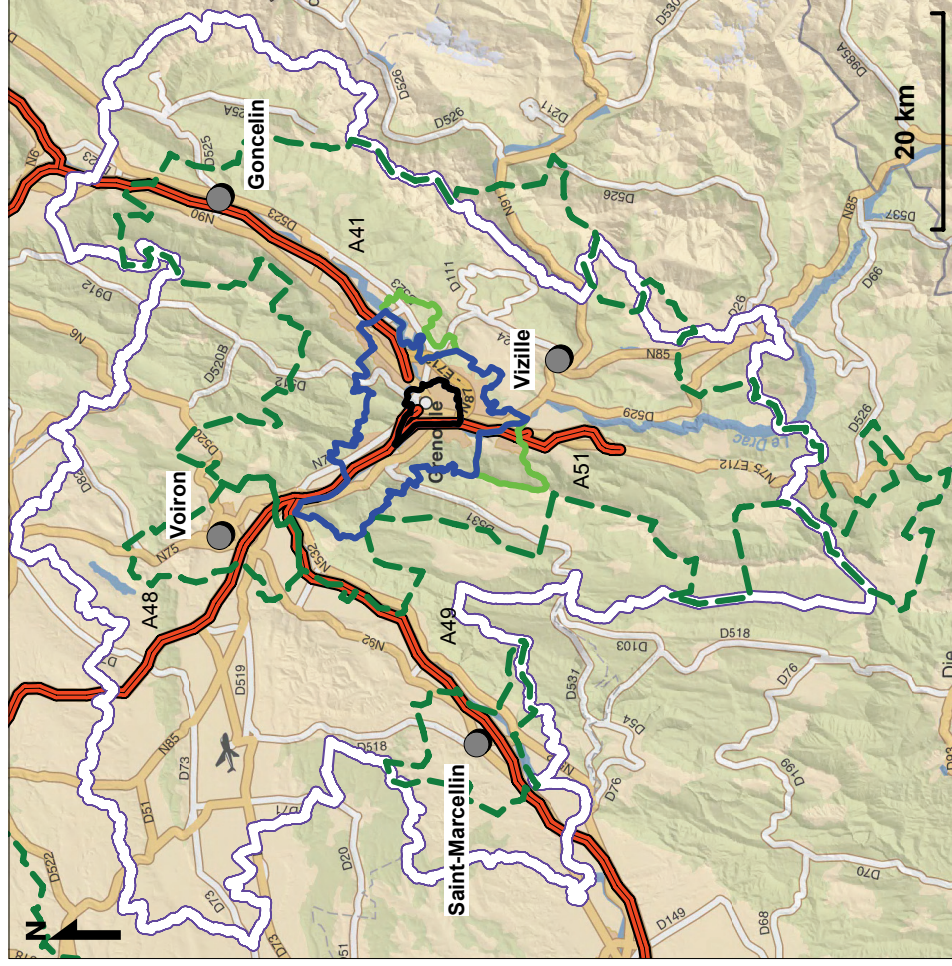
Les cartes suivantes présentent les découpages en 3 zones pour chacune des villes françaises pour chaque EMD. Chaque couple de cartes illustre pour chaque ville l'évolution des périmètres « utiles » pour notre analyse et les définitions des zones centres, suburbaines et périurbaines. En dehors de ces trois zones, le tissu urbain est considéré comme

insuffisamment dense et hors de l'emprise des politiques de transports urbains. En conséquence, selon les agglomérations, certaines zones sont écartées. Le découpage de l'agglomération grenobloise exclut les aires urbaines secondaires de Voiron et Saint-Marcellin. Les anciens pôles industriels autour de Lyon, par exemple, Givors, L'Arbresle, Trévoux, La Verpillière n'entrent pas dans la classification. Les zones centres sont stables entre les deux dates. Par contre, les zones suburbaines et périurbaines évoluent sur la période, ce qui rend l'interprétation des variations temporelles des mobilités dans ces zones plus délicates.

Le découpage en trois zones utilisé, se concentre sur les zones de densités d'emplois de population. A cette échelle, la comparaison entre transport en commun et usage de l'automobile est plus aisée du fait de la coexistence des 2 modes.

Toutefois, il est possible que l'impact des politiques de transports urbains visant à réduire l'usage de l'automobile ou à réduire les trafics automobiles dans le centre dépasse ces limites.

Carte I-2 : Aire urbaine de Grenoble et



© Valérie Thiébaut, Nicolas Ovtchacht - UMR LET 5593 CNRS

© Valérie Thiébaut, Nicolas Ovracht - UMR LET 5593 CNRS

— Limite EMD 2001

Découpage EMD 1992 et EMD 2001 :

— Aire urbaine
— Autoroute

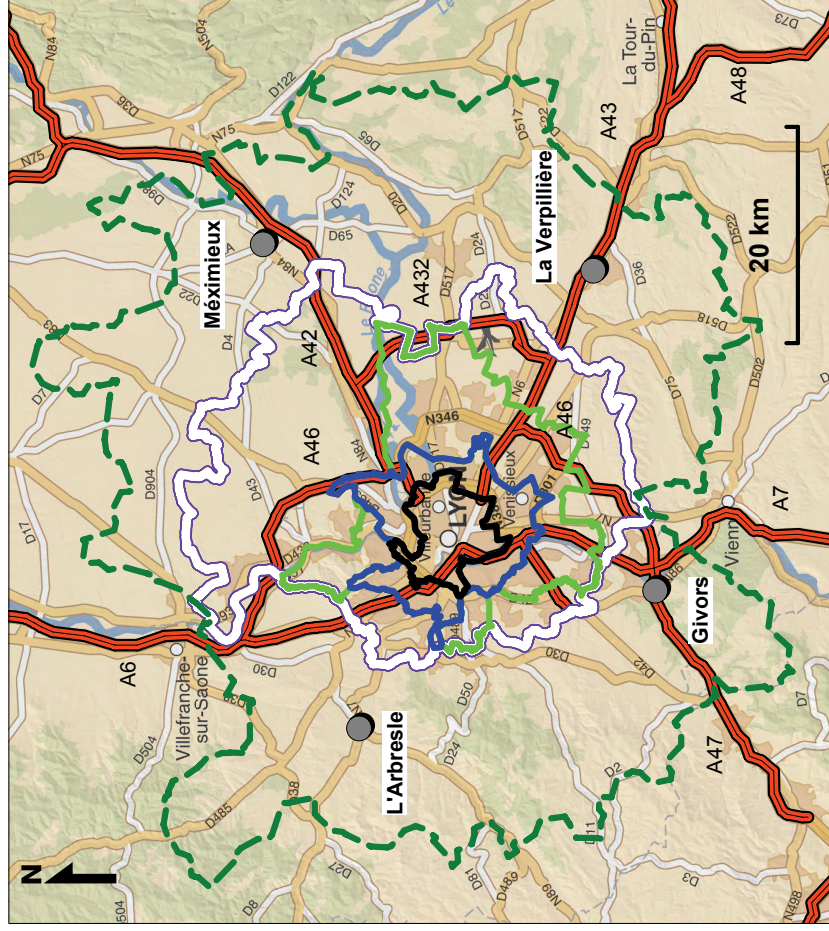
Centre urbain
Suburbain
Périurbain

Centre urbain

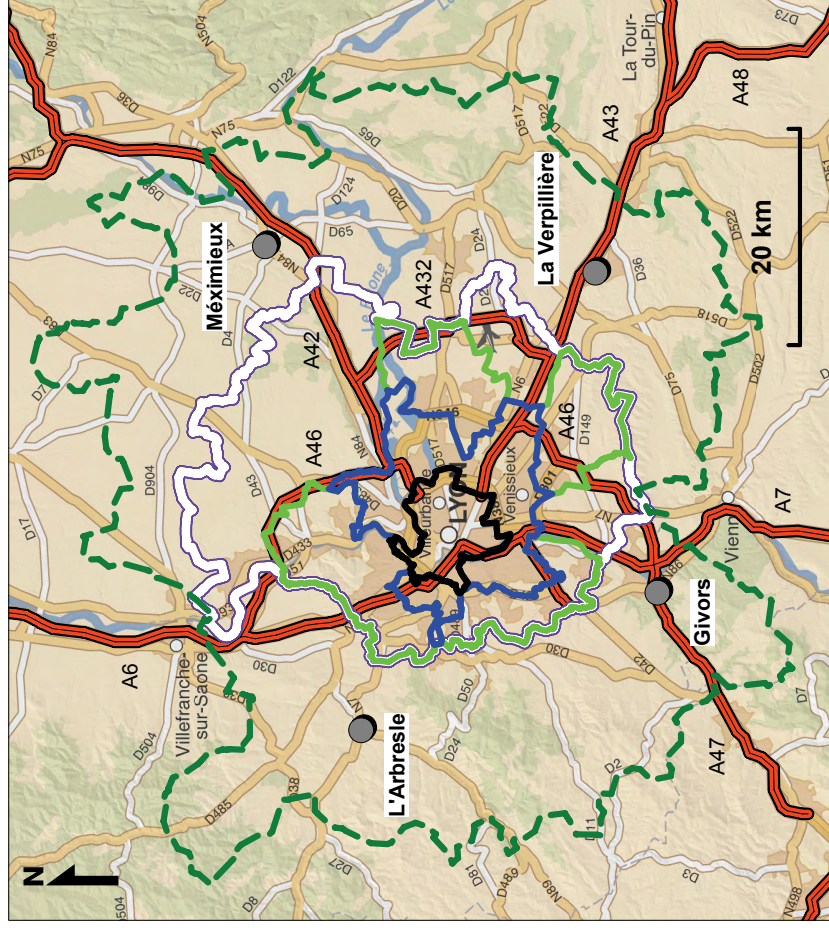
Suburbain

Périurbain

Carte I-3 : Aire urbaine de Lyon et découpage Enquête Ménage Déplacement 1985 et 1995



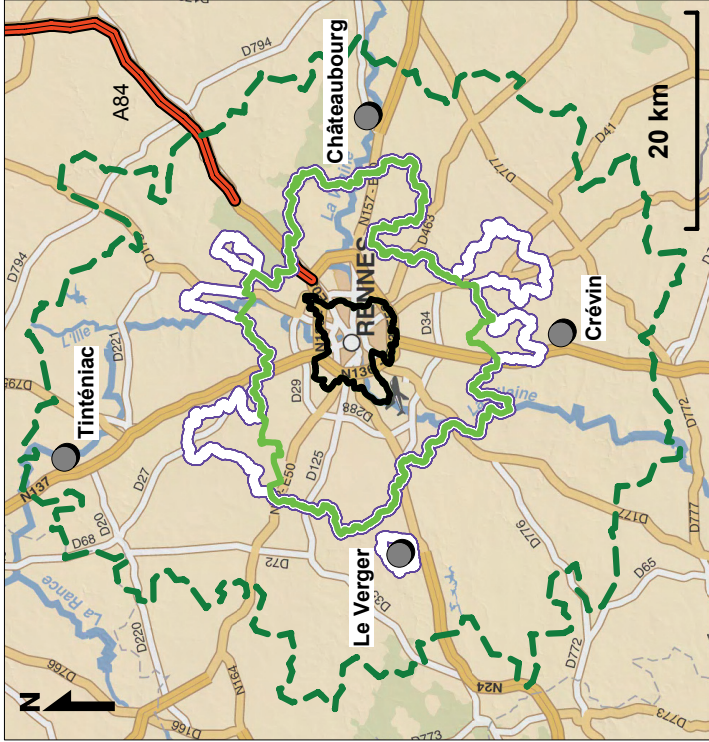
© Valérie Thiébaut, Nicolas Ovracht - UMR LET 5593 CNRS



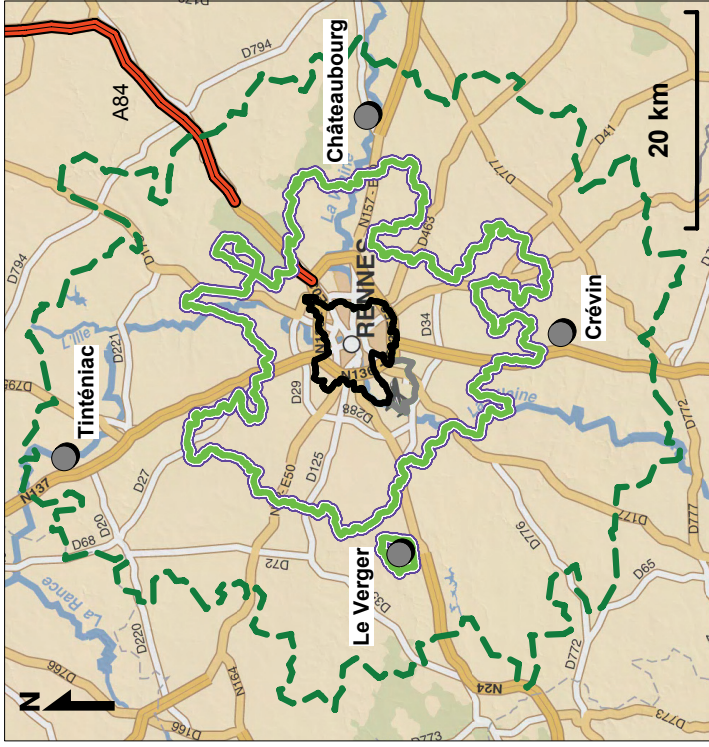
© Valérie Thiébaut, Nicolas Ovracht - UMR LET 5593 CNRS

Découpage EMD 1985 et EMD 1995 :	
Limite EMD 1995	Découpage EMD 1985 et EMD 1995 :
Aire urbaine	Centre urbain
Autoroute	Suburbain
	Périurbain

Carte I-4 : Aire urbaine de Rennes et découpage Enquête Ménage Déplacement 1991 et 2000

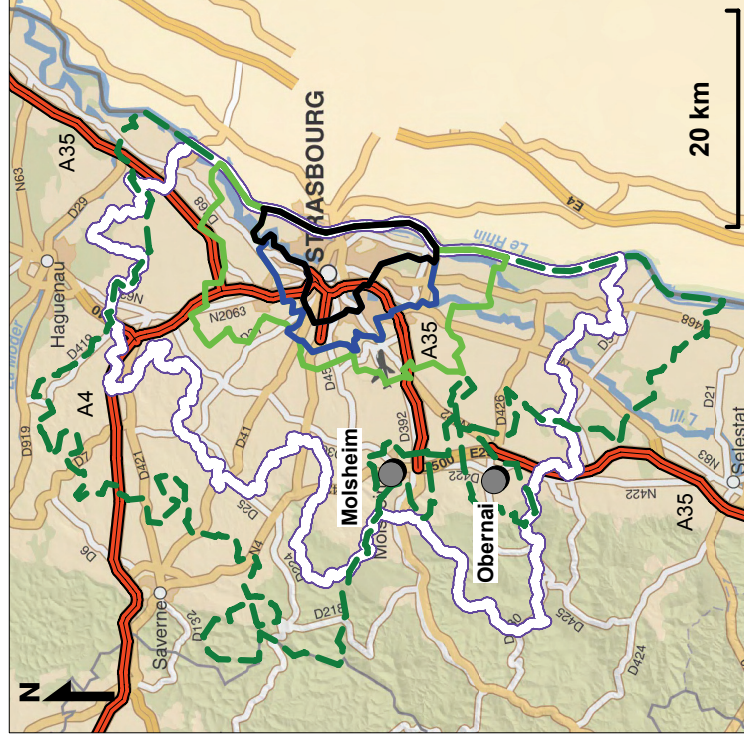


  Valérie Thiébaut, Nicolas Ovttracht - UMR LET 5593 CNRS



  Valérie Thiébaut, Nicolas Ovttracht - UMR LET 5593 CNRS

Carte I-5 : Aire urbaine de Strasbourg et découpage Enquête Ménage Déplacement 1988 et 1997



© Valérie Thiébaud, Nicolas Ovtchacht - UMR LET 5593 CNRS



© Valérie Thiébaud, Nicolas Ovtchacht - UMR LET 5593 CNRS

Découpage EMD 1988 et EMD 1997 :	
— Limite EMD 1997	— Découpage EMD 1988 et EMD 1997 :
— Aire urbaine	— Centre urbain
— Autoroute	— Suburbain
	— Périurbain

(3) Nomenclature des motifs

Les Enquêtes-Ménages Déplacements décrivent les motifs de déplacement par une nomenclature relativement détaillée comprenant une vingtaine de postes selon les enquêtes. Cependant, afin d'assurer la comparabilité avec les motifs du microrecensement et une représentativité suffisante, une réagrégation des motifs des EMD a été effectuée. La nomenclature retenue correspond à celles utilisées par la majorité des analyses de la mobilité fondées sur les emplois du temps. Elle distingue les postes suivants : l'activité à domicile, le travail, le temps scolaire, les achats et services, les loisirs, et l'accompagnement d'un tiers.

Le tableau I-10 illustre le travail de réagrégation des motifs relevés dans l'EMD de Lyon 1995.

Tableau I-10 : Exemple de motifs de déplacements relevés dans les Enquêtes Ménages : l'EMD de Lyon 1995

« Motif origine » enquête ménages Lyon 1995	Motifs Agrégés
indéterminé	AUTRE
1 - Domicile	DOMICILE
2 - Travail habituel	TRAVAIL
3 - Travail non habituel	TRAVAIL
4 - Nourrice, crèche, école maternelle et primaire	SCOLAIRE
5 - CES	SCOLAIRE
6 - Lycée	SCOLAIRE
7 - Université	TRAVAIL
8 - Achat quotidien ou de dépannage	ACHAT/SERVICE
9 - Achat de la semaine	ACHAT/SERVICE
10 - Achat d'équipement, d'habillement ou de loisir	ACHAT/SERVICE
11 - Santé	ACHAT/SERVICE
12 - Démarches	ACHAT/SERVICE
13 - Recherche d'emploi, ANPE	ACHAT/SERVICE
14 - Activités sportives	LOISIR
15 - Activités culturelles	LOISIR
16 - Activités associatives	LOISIR
17 - Promenade, lèche-vitrines	LOISIR
18 - Restauration en dehors du domicile	LOISIR
19 - Visite à des parents ou amis	LOISIR
20 - Accompagnement	ACCOMPAGNEMENT
21 - Dépose mode de transport	ACCOMPAGNEMENT
22 - Autres motifs	AUTRE

Conclusion de la partie 1

En définitive nous disposons d'une base de données particulièrement riche et propice à l'analyse et la comparaison des mobilités des villes suisses et françaises (Berne, Genève, Grenoble, Lyon, Rennes, Strasbourg et Zurich). Les données disponibles pour ces villes présentent plusieurs atouts évidents : la contemporanéité des périodes d'enquête, la convergence des objectifs et des méthodologies d'enquête.

Bien sûr, certains ajustements ont été nécessaires pour notre étude des mobilités urbaines. La méthodologie de comparabilité des différentes bases de données induit et comporte de façon inhérente certaines limites et inexactitudes. Un certain nombre de choix ont été pris afin de conserver dans les deux ensembles de données à la fois, une information, même agrégée et donc réduite. C'est le cas notamment des motifs de déplacement dont le relevé est particulièrement précis dans les EMD françaises, mais qui ont dû être agrégés pour être compatibles avec les motifs relevés dans le Microrecensement suisse. Le lecteur pourra constater que, dans l'ensemble, l'information utilisée ici reste à un niveau comparable aux usages classiques des analyses des mobilités.

Nous savons combien les résultats sont dépendants des données, surtout dans le domaine de la statistique. Il en résulte donc que nos résultats, obtenus sur des bases de données déjà exploitées par certains instituts, seront difficilement comparables aux résultats publiés dans les précédents traitements de ces enquêtes (CERTU, 2000 ; ARE, 2001).

Cependant, nous espérons que la comparabilité de nos résultats, si elle est difficile en termes absolus des indicateurs, sera tout à fait possible et cohérente en termes relatifs, c'est à dire que les ordres de grandeurs entre plusieurs valeurs seront comparables, comme par exemple l'ordre des modes de transport selon leur part de marché. Toutefois, comparabilité des résultats, ne signifie pas convergence des résultats. Dans le cas où nous présentons des résultats clairement divergents de ceux d'autres études de notre connaissance, nous en avons recherché les explications.

PARTIE 2

Analyse agrégée des BTT

Introduction

L'analyse comparative des mobilités suisses et françaises proposée ici, se concentre sur les temps consacrés à la mobilité individuelle. Elle distingue les deux indicateurs suivants :

- le budget-temps de transport quotidien, calculé comme la somme des durées quotidiennes de transport, quel que soit le mode de transport (marche à pied incluse) et quel que soit le motif du déplacement,
- le temps de transport par déplacement.

Ce dernier pourra être analysé selon les attributs du déplacement, tels que par exemple, les modes de transport ou les motifs.

Les temps calculés sont obtenus par différence entre l'horaire d'arrivée et l'horaire de départ du déplacement. Cette méthode déclarative de la mesure du temps de déplacement n'est malheureusement pas la plus fiable. C'est, notamment ce que révèle la présence importante d'arrondis aux multiples de 5 minutes et d'1 heure.

Les durées de transport reportées ici font référence uniquement à la population mobile des agglomérations. Les indicateurs calculés ici ne sont pas tous pondérés⁶⁵. En conséquence, ils risquent d'être peu comparables avec d'autres résultats d'exploitation.

Dans un premier temps, la direction prise par l'analyse des durées de transport est celle de la comparaison spatiale et temporelle agrégée des niveaux de budgets-temps de transport moyens par agglomération. Cette analyse à un niveau agrégé présente les niveaux de budgets-temps de transport mesurés dans chaque agglomération pour chaque date d'observation. Elle est aussi l'occasion de discuter la significativité d'une comparaison fondée sur l'indicateur statistique de la moyenne, lorsque la distribution de la variable n'est pas symétrique. Globalement, les résultats de cette comparaison agrégée sont comparables à ceux classiquement avancés sur ces agglomérations. Cependant, ils modèrent les écarts de niveau de dépenses temporelles de mobilité observés, par exemple entre les villes suisses et françaises.

La seconde direction de cette analyse est la recherche d'une certaine cohérence entre, les choix de localisation résidentielle, les choix modaux, et les choix temporels de mobilité. Ce système d'interrelations est évidemment indissociable des contextes urbains et des politiques de transports urbains de chaque agglomération. Les éléments présentés dans la partie précédente, en section 2, permettent de dresser ce contexte et apportent cette perspective à notre analyse. Au travers de l'analyse du temps de transport et du choix modal, certaines politiques semblent avoir réduit les gains de parts de marché de la VP. Mais, il persiste une certaine incertitude en raison notamment des politiques doubles menées dans des agglomérations comme Lyon ou Grenoble. L'impact du choix de localisation semble avoir un effet sur les BTT. Cependant, il reste difficilement validable statistiquement, à partir de ce premier travail, du fait du niveau d'agrégation utilisé pour l'intégration de la dimension spatiale dans notre analyse.

Enfin, la troisième direction de recherche traitée est celle des nombreux effets des variables socio-économiques. La disponibilité de ces bases de données est l'occasion de rechercher une certaine convergence des résultats entre les agglomérations et les dates que nous utilisons et aussi avec les éléments identifiés dans la littérature relative aux budgets-temps de transport.

⁶⁵ Les enquêtes suisses disponibles, même si bénéficiant d'un suréchantillonnage sont une extraction de l'enquête nationale. A notre connaissance, il n'existe pas de pondérations définies localement pour les agglomérations étudiées.

I. Comparaison des mobilités entre villes

La comparaison des mobilités est fondée le plus souvent sur le nombre de déplacements quotidien, le choix modal et le temps de déplacement moyen par déplacement. La dimension temporelle de la mobilité se révèle tout à fait pertinente dans la compréhension des comportements de mobilité. Et ce d'autant plus que cette contrainte est la seconde, voire la première contrainte sur le comportement quotidien, avant la contrainte budgétaire. L'un des apports de Zahavi (1979) réside dans l'éclairage nouveau sur cette dimension, qui avec l'accélération des vitesses de déplacement devient une question centrale de la gestion des mobilités. Le raisonnement établi sur le budget-temps de transport a toute sa pertinence dans cet objectif, mais nécessite d'être étudié en parallèle avec le nombre de déplacements moyen.

1. Budgets-temps de transport moyens et nombre moyen de déplacements par individu par agglomération

Le tableau II-1 présente les budgets-temps de transport moyens par individu et le nombre de déplacements moyen par individu dans chaque agglomération. Les difficultés d'une telle comparaison agrégée sont nombreuses. Nous les avons rappelées dans la partie 1.

L'étude des moyennes semble révéler que le BTT moyen par individu des villes françaises, autour de 70 minutes, est plus faible que le BTT moyen par individu des villes suisses, autour de 80 minutes.

Toutefois, les indicateurs de la distribution des BTT de chaque ville, présentés en annexe (tableau A-2) montrent la dissymétrie de la distribution des BTT. Il en résulte un biais dans l'estimateur de la moyenne, qui conduit à une surestimation du BTT moyen pour chacune des agglomérations. Dans le cas de distributions dissymétriques, la médiane semble plus représentative de la situation. Le BTT médian n'est lui que d'environ 60 minutes, pour les agglomérations françaises et de 65 minutes pour les villes suisses. La médiane étant moins sensible aux valeurs extrêmes de la distribution, l'écart de BTT entre les deux pays est réduit. Les quartiles de la distribution (tableau A-1) indiquent que *le fort écart entre les BTT moyens est en partie dû à la sur-représentation de la population caractérisée par un BTT élevé dans les villes suisses.*

Par ailleurs un effet de taille d'agglomération semble observable, si l'on oppose les niveaux de BTT de Rennes à ceux de Zurich ou Lyon.

En définitive, la relative proximité des BTT médians, réduit fortement l'écart de BTT entre les agglomérations des deux pays. A l'exception de Rennes dont les BTT médians sont plus faibles autour de 50-55 minutes, *la majorité des individus de toutes ces agglomérations ont des BTT qui n'excèdent pas les 60-70 minutes.*

Enfin, les écarts de BTT médians constatés entre les deux dates d'observation sont, pour chaque ville, d'environ 5 minutes. *Les BTT semblent donc caractérisés par une hausse pour l'ensemble de ces villes suisses et françaises.*

Tableau II-1 : Budgets-temps de transport et nombres de déplacements moyens et médians par agglomération

Ville	BTT		N		Ville	BTT		N	
	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane		Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane
Grenoble 1992	67.20	55.00	4.26	4.00	Berne 1994	74.13	60.00	3.78	4.00
Grenoble 2001	78.92	65.00	4.72	4.00	Berne 2000	85.41	69.00	4.05	4.00
Lyon 1985	67.79	60.00	4.04	4.00	Genève 1994	83.41	60.00	3.96	4.00
Lyon 1995	78.44	65.00	4.26	4.00	Genève 2000	84.06	65.00	4.22	4.00
Rennes 1991	57.44	50.00	4.04	4.00	Zurich 1994	82.11	65.00	3.75	4.00
Rennes 2000	70.91	55.00	4.25	4.00	Zurich 2000	87.35	70.00	3.96	4.00
Strasbourg 1988	69.94	60.00	4.67	4.00					
Strasbourg 1997	78.90	65.00	4.96	4.00					

Le même type de biais apparaît dans la distribution du nombre de déplacements par individu. Alors que les médianes et les quartiles sont équivalents entre toutes les villes⁶⁶, les moyennes françaises sont nettement supérieures.

Compte tenu de la stabilité des médianes entre les deux dates d'observation, il semble difficile d'affirmer une évolution à la hausse du nombre de déplacements par individus⁶⁷. *La majorité des individus réalisent toujours au moins 4 déplacements quotidiens dans chacune des agglomérations.* Et à l'exception de Strasbourg et Grenoble (en 2001), les troisièmes quartiles sont égaux. 75% des populations de chaque ville réalisent moins de 5 déplacements quotidiens.

Ce qui conduit les moyennes françaises à la hausse semble être, d'après les coefficients de variation (tableau A-2), la variance plus élevée autour des moyennes.

Les précautions prises ici pour l'analyse des distributions des BTT et des nombres de déplacements individuels n'ont d'autre but que de souligner les risques de conclusions et généralisations hâtives fondées sur l'indicateur de la moyenne. Des travaux complémentaires sur l'analyse des distributions semblent nécessaires, notamment afin d'identifier les sources des biais à la hausse constatés. Ce, d'autant plus qu'ils peuvent être le résultat des divergences de méthodes d'enquête, ou des apurements effectués.

Malgré cela, il semble que *les BTT sont croissants dans le temps pour chaque agglomération et que les BTT suisses sont légèrement plus élevés.* Mais ces écarts, tant temporels que spatiaux, ne sont pas aussi significatifs que ce que les moyennes semblent indiquer. Surtout, ces augmentations ne semblent pas être généralisables à l'ensemble des populations urbaines.

⁶⁶ Il faut garder à l'esprit pour l'interprétation des quartiles du nombre de déplacements, que par construction leurs valeurs sont entières (la variable étudiée étant discrète). Ce qui induit une forte proximité des résultats.

⁶⁷ Rappelons que la non-prise en compte de la population immobile peut avoir un impact sur la hausse du nombre moyen de déplacements quotidiens constatés dans d'autres études (CERTU, 2002).

Ces moyennes en hausse ne sont pas le résultat d'une hausse générale, mais celui de la hausse des BTT d'une partie de la population, qui reste à identifier.

2. Décomposition des budgets-temps de transport moyens

a) BTT selon la localisation résidentielle

L'analyse des BTT selon la localisation résidentielle révèle une structure récurrente des BTT :

- pour les villes françaises (tableau II-2) : *les BTT des centres-villes paraissent plus élevés que les BTT des zones suburbaines et périurbaines*. Les niveaux de BTT de ces dernières sont difficilement comparables compte tenu de l'évolution des périmètres d'enquête. Selon les agglomérations, les BTT suburbains sont plus élevés ou plus faibles que ceux du périurbain. Une analyse des BTT de ces zones non-centrales nous paraît nécessiter l'utilisation d'un découpage géographique plus fin. La distinction des zones situées autour du centre paraît d'autant plus importante pour comparer les localisations, que les systèmes de transport sont le plus souvent orientés vers le centre-ville. Les zones périphériques sont donc susceptibles de bénéficier d'accès au centre-ville différenciés.
- pour les agglomérations suisses, *les BTT sont les plus élevés en dehors du centre*, à l'exception de Zurich en 2000. Au centre, le BTT est parfois le plus faible, c'est notamment le cas pour la ville de Berne (1994 et 2000).

La comparaison entre les deux pays selon la zone de résidence indique que les résidents du centre-ville en France, autour de 70 min ont des BTT légèrement moins élevés que les centraux en Suisse (autour de 80 min). Par contre l'écart de BTT se creuse dans les autres zones, puisque le BTT est, en France, plus faible en périphérie qu'au centre, et qu'à l'inverse, il est, en Suisse, plus élevé en périphérie.

L'annexe (tableau A-3) présente les nombres de déplacements moyens et médians par zone de résidence. Les résultats ne semblent pas soutenir une différence nette en termes de nombre de déplacements entre les habitants du centre et ceux des autres zones, tant pour les villes françaises que suisses.

L'intensité de la mobilité en termes de nombres de déplacements, ne semble pas expliquer les différences de BTT entre les deux pays. Notre attention se tourne alors vers la piste du choix modal et du temps moyen par déplacement.

Tableau II-2 : Budgets-temps de transport selon la localisation résidentielle

		Centre	Suburbain	Périurbain
<i>Grenoble</i>	<i>Moy.</i>	80.26	77.16	76.75
<i>2001</i>	<i>Med.</i>	68.00	62.00	65.00
<i>Grenoble</i>	<i>Moy.</i>	67.94	66.84	67.49
<i>1992</i>	<i>Med.</i>	60.00	55.00	55.00
<i>Lyon</i>	<i>Moy.</i>	69.27	67.40	66.78
<i>1985</i>	<i>Med.</i>	60.00	60.00	55.00
<i>Lyon</i>	<i>Moy.</i>	80.80	77.39	79.94
<i>1995</i>	<i>Med.</i>	70.00	65.00	65.00
<i>Rennes</i>	<i>Moy.</i>	73.80	72.97	67.17
<i>2000</i>	<i>Med.</i>	60.00	55.00	50.00
<i>Rennes</i>	<i>Moy.</i>	59.47	-	55.42
<i>1991</i>	<i>Med.</i>	50.00	-	45.00
<i>Strasbourg</i>	<i>Moy.</i>	71.07	67.66	67.99
<i>1988</i>	<i>Med.</i>	60.00	60.00	55.00
<i>Strasbourg</i>	<i>Moy.</i>	81.62	77.24	71.64
<i>1997</i>	<i>Med.</i>	68.00	65.00	60.00

		Centre	Suburbain	Périurbain
<i>Berne</i>	<i>Moy.</i>	69.63	79.50	74.05
<i>1994</i>	<i>Med.</i>	57.00	62.00	65.00
<i>Berne</i>	<i>Moy.</i>	80.16	88.46	90.99
<i>2000</i>	<i>Med.</i>	65.00	68.00	71.00
<i>Genève</i>	<i>Moy.</i>	86.07	84.06	70.57
<i>1994</i>	<i>Med.</i>	60.00	60.00	63.50
<i>Genève</i>	<i>Moy.</i>	83.05	81.74	91.95
<i>2000</i>	<i>Med.</i>	65.00	62.50	75.00
<i>Zurich</i>	<i>Moy.</i>	82.48	79.17	87.06
<i>1994</i>	<i>Med.</i>	69.50	60.00	70.00
<i>Zurich</i>	<i>Moy.</i>	90.75	84.55	85.68
<i>2000</i>	<i>Med.</i>	75.00	66.00	70.00

b) Parts de marché des modes et temps par déplacement selon le mode et la zone de résidence

Le constat précédent peut être éclairé différemment par les temps moyens par déplacement et le nombre moyen de déplacements selon le mode, que l'on déclinera dans chacune des trois zones.

Tout d'abord, le tableau II-3 présente les parts modales selon une classification des modes simplifiée qui regroupe sous la dénomination des transports en commun (TC), les bus, les TCSP et le transport régional (SNCF et Car). En annexe figure le tableau A-4 des mêmes statistiques selon la classification fine des modes (9 modes). Il permet surtout de constater la décomposition des temps de transport par déplacement. Et notamment, il explique le temps de transport relativement fort pour le cas du mode agrégé des TC, par le biais à la hausse provenant d'un temps de transport régional particulièrement élevé.

Le partage modal en France donne une nette majorité des déplacements à l'automobile et environ 10 % pour les TC. En Suisse, le partage modal est un peu plus favorable aux transports collectifs qui totalisent environ 20% des déplacements et laissent 40 % des déplacements à l'automobile.

Le partage modal reste relativement similaire entre les villes françaises. Mais parmi les agglomérations suisses, la ville de Berne parvient le mieux à maintenir un équilibre entre la part de la VP et celle des TC. A l'inverse, Genève a la part de TC la plus faible.

Entre les deux dates d'observation, la part de la VP a augmenté dans toutes les villes françaises, mais semble relativement stable en Suisse. La part des TC semble stable pour Grenoble et Lyon, mais décroissante pour Rennes et Strasbourg. En Suisse aussi, les TC voient leur part de marché se réduire.

La part de la marche à pied est croissante en France, comme en Suisse, et apparaît plus faible en France, qu'en Suisse. Mais, ce sont surtout les durées de déplacement en marche à pieds qui sont plus courtes en France.

La part des vélos est similaire et inférieure à 5% pour une grande partie des villes suisses et françaises, à l'exception de Strasbourg et Berne qui se distinguent par une part plus élevée. Et les deux roues paraissent marginaux, sauf à Genève.

Les temps de transport en VP semblent un peu plus faibles en France, autour de 15 minutes, contre une vingtaine de minutes en Suisse. Ils semblent croissants en France, et stables en Suisse. Le temps de transport d'un déplacement en TC est proche des 25 minutes en France, contre environ 30 minutes en Suisse. Il est croissant en France, sauf pour Grenoble. Alors qu'il semble décroissant dans les agglomérations suisses.

Tableau II-3 : Parts modales et Temps de transport selon le mode

		Marche	Vélo	2 Roues	TC	VP	Autre
Grenoble	% ⁶⁸	26,48	3,60	0,60	13,14	54,98	1,20
1992	<i>TT</i>	<i>11,58</i>	<i>15,22</i>	<i>14,22</i>	<i>27,17</i>	<i>14,65</i>	<i>31,36</i>
Grenoble	%	28,07	2,31	0,40	12,97	54,89	1,37
2001	<i>TT</i>	<i>11,46</i>	<i>14,06</i>	<i>10,31</i>	<i>29,47</i>	<i>16,08</i>	<i>38,53</i>
Lyon	%	37,16	1,21	0,89	14,08	45,09	1,56
1985	<i>TT</i>	<i>11,86</i>	<i>17,73</i>	<i>15,49</i>	<i>27,46</i>	<i>16,24</i>	<i>29,49</i>
Lyon	%	29,40	0,68	0,55	11,73	56,36	1,29
1995	<i>TT</i>	<i>12,43</i>	<i>14,97</i>	<i>16,97</i>	<i>32,28</i>	<i>18,61</i>	<i>33,54</i>
Rennes	%	25,90	3,61	1,14	10,82	57,01	1,53
1991	<i>TT</i>	<i>10,29</i>	<i>12,10</i>	<i>12,42</i>	<i>24,83</i>	<i>13,77</i>	<i>26,60</i>
Rennes	%	26,36	3,15	1,03	8,96	59,52	0,98
2000	<i>TT</i>	<i>11,89</i>	<i>14,71</i>	<i>14,06</i>	<i>31,25</i>	<i>16,31</i>	<i>51,34</i>
Strasbourg	%	32,75	7,97	2,13	6,70	48,69	1,77
1988	<i>TT</i>	<i>12,01</i>	<i>13,95</i>	<i>13,05</i>	<i>31,31</i>	<i>14,44</i>	<i>28,35</i>
Strasbourg	%	30,99	5,88	0,80	7,65	53,31	1,37
1997	<i>TT</i>	<i>12,34</i>	<i>14,13</i>	<i>15,18</i>	<i>31,95</i>	<i>15,44</i>	<i>34,01</i>

		Marche	Vélo	2 Roues	TC	VP	Autre
Berne	%	32,56	8,40	1,56	26,07	30,84	0,56
1994	<i>TT</i>	<i>16,00</i>	<i>12,54</i>	<i>12,13</i>	<i>30,42</i>	<i>16,47</i>	<i>77,27</i>
Berne	%	33,86	9,20	2,33	21,61	32,15	0,85
2000	<i>TT</i>	<i>18,68</i>	<i>12,74</i>	<i>15,13</i>	<i>34,30</i>	<i>18,73</i>	<i>16,95</i>
Genève	%	33,10	2,78	6,51	15,63	41,75	0,24
1994	<i>TT</i>	<i>18,02</i>	<i>14,57</i>	<i>18,40</i>	<i>31,73</i>	<i>20,49</i>	<i>181,67</i>
Genève	%	33,38	4,79	4,79	14,90	41,26	0,87
2000	<i>TT</i>	<i>16,40</i>	<i>16,47</i>	<i>13,90</i>	<i>34,06</i>	<i>20,07</i>	<i>27,95</i>
Zurich	%	31,04	5,43	1,03	21,56	40,13	0,80
1994	<i>TT</i>	<i>16,17</i>	<i>14,88</i>	<i>16,13</i>	<i>36,10</i>	<i>19,84</i>	<i>112,35</i>
Zurich	%	31,21	6,62	1,67	18,25	41,65	0,60
2000	<i>TT</i>	<i>19,04</i>	<i>14,68</i>	<i>16,54</i>	<i>38,31</i>	<i>20,40</i>	<i>34,08</i>

⁶⁸ Part de marché en pourcentage des déplacements tous modes

Tableau II-4 : Temps moyen par déplacement et part modale des résidents en zone centre

		Marche	Vélo	2 Roues	TC	VP	Autre	Tout mode
Grenoble	TT	12,03	15,27	7,26	26,73	17,84	53,82	17,30
2001	%	40,10	2,91	0,20	17,13	38,43	1,24	
Grenoble	TT	11,75	15,87	8,97	25,21	15,83	36,63	16,02
1992	%	35,84	3,32	0,25	16,82	43,00	0,76	
Lyon	TT	12,21	18,95	16,34	27,93	17,67	28,50	17,16
1985	%	44,77	1,45	0,69	15,75	36,22	1,14	
Lyon	TT	12,76	14,95	18,15	28,20	20,19	32,77	18,48
1995	%	41,08	0,59	0,48	16,68	40,43	0,74	
Rennes	TT	12,31	15,11	14,52	28,45	18,02	78,21	17,31
2000	%	34,83	3,61	1,03	11,80	48,33	0,41	
Rennes	TT	10,41	13,41	12,74	23,30	14,57	31,19	14,30
1991	%	34,98	3,11	1,14	12,76	47,31	0,70	
Strasbourg	TT	11,88	16,22	12,46	29,63	14,93	29,10	15,07
1988	%	38,79	7,10	1,61	7,38	43,64	1,48	
Strasbourg	TT	12,45	15,46	17,60	29,99	16,53	30,75	16,46
1997	%	37,4	5,72	0,73	9,77	45,05	1,29	

		Marche	Vélo	2 Roues	TC	VP	Autre	Tout mode
Berne	TT	14,97	11,88	11,27	25,99	15,52	100,73	18,42
1994	%	36,52	10,24	1,39	29,97	21,41	0,46	
Berne	TT	16,43	11,78	10,08	28,26	19,83	22,24	19,37
2000	%	40,54	12,66	1,79	24,85	19,37	0,78	
Genève	TT	16,69	11,11	17,26	31,63	24,14	17,50	21,71
1994	%	39,58	2,72	7,55	18,88	30,97	0,30	
Genève	TT	15,46	12,75	12,29	30,47	21,12	21,53	19,41
2000	%	45,17	5,93	3,60	17,67	26,64	0,98	
Zurich	TT	14,74	14,48	8,53	30,90	20,32	92,38	22,44
1994	%	35,29	3,62	0,77	35,02	24,36	0,95	
Zurich	TT	15,97	14,53	14,04	35,27	23,05	22,98	22,68
2000	%	38,99	8,01	1,67	26,42	23,56	1,35	

Tableau II-5 : Temps par déplacement et part modale des résidents en zone suburbaine

		Marche	Vélo	2 Roues	TC	VP	Autre	Tout mode
Grenoble	TT	10,82	12,92	10,80	32,03	15,24	33,52	16,02
2001	%	25,61	2,39	0,44	13,27	57,32	0,97	
Grenoble	TT	11,47	15,00	14,99	28,57	14,18	26,79	15,43
1992	%	22,32	3,84	0,86	12,12	59,50	1,36	
Lyon	TT	11,19	17,96	16,07	35,52	15,46	28,72	17,00
1985	%	33,70	0,70	1,11	14,11	48,73	1,64	
Lyon	TT	11,63	15,28	15,50	36,49	17,38	31,85	18,14
1995	%	28,20	0,60	0,40	11,46	58,28	1,06	
Rennes	TT	14,97	24,32	17,00	46,42	16,44	15,47	19,30
2000	%	20,04	2,31	2,50	10,79	63,01	1,35	
Rennes	TT	-	-	-	-	-	-	-
1991	%	-	-	-	-	-	-	
Strasbourg	TT	12,32	12,93	14,36	34,10	14,03	31,81	14,90
1988	%	25,99	8,82	3,23	5,85	54,80	1,31	
Strasbourg	TT	12,20	15,16	13,04	34,32	15,41	38,13	16,01
1997	%	25,50	5,09	1,02	6,47	60,90	1,03	

		Marche	Vélo	2 Roues	TC	VP	Autre	Tout mode
Berne	%	17,77	11,62	12,66	35,20	17,35	77,20	21,17
1994	TT	32,52	8,76	2,86	19,49	35,85	0,52	
Berne	%	19,15	13,56	18,90	39,90	18,67	15,64	22,51
2000	TT	32,52	8,76	2,86	19,49	35,85	0,52	
Genève	%	18,85	13,63	22,03	32,60	18,16	510,00	21,35
1994	TT	29,98	5,64	5,29	14,99	43,92	0,18	
Genève	%	15,83	25,60	13,61	34,59	18,13	28,96	20,32
2000	TT	31,20	3,81	5,07	16,13	41,95	1,83	
Zurich	%	15,36	13,87	15,80	46,90	18,66	166,45	21,04
1994	TT	30,70	10,41	1,71	11,54	45,19	0,46	
Zurich	%	19,76	12,68	15,52	42,23	18,79	48,55	21,45
2000	TT	32,83	8,13	2,30	11,54	44,48	0,72	

Tableau II-6 : Temps par déplacement et part modale des résidents en zone périurbaine

		Marche	Vélo	2 Roues	TC	VP	Autre	Tout mode
Grenoble	TT	9,78	12,81	14,76	36,46	15,58	27,19	16,35
2001	%	13,75	1,04	0,64	6,40	75,73	2,45	
Grenoble	TT	11,16	11,80	18,75	40,40	13,36	43,84	15,26
1992	%	15,48	3,20	0,35	6,14	72,84	1,99	
Lyon	TT	11,57	15,20	11,81	40,21	14,52	31,33	16,76
1985	%	25,56	1,57	0,97	10,10	59,25	2,56	
Lyon	TT	12,24	12,18	16,60	43,70	17,54	35,64	18,79
1995	%	19,64	0,94	0,90	7,36	68,76	2,39	
Rennes	TT	10,35	13,42	13,01	37,44	14,78	43,56	15,71
2000	%	17,41	2,65	0,90	5,76	71,67	1,61	
Rennes	TT	9,85	10,22	11,63	32,51	12,67	24,04	14,12
1991	%	14,95	4,24	1,14	8,58	68,59	2,51	
Strasbourg	TT	12,62	7,70	11,25	37,18	13,36	24,84	14,28
1988	%	15,90	10,70	2,31	4,97	61,63	4,48	
Strasbourg	TT	12,07	10,63	13,10	41,20	13,57	35,99	14,34
1997	%	19,91	7,60	0,67	3,04	66,68	2,11	

		Marche	Vélo	2 Roues	TC	VP	Autre	Tout mode
Berne	TT	13,35	13,16	15,00	37,71	15,32	46,50	19,17
1994	%	32,99	6,66	0,59	19,53	39,35	0,89	
Berne	TT	19,74	15,95	14,10	42,79	16,80	24,56	21,64
2000		27,95	7,70	3,60	15,40	43,11	2,24	
Genève	TT	15,18	30,00	12,50	23,06	17,79	,	17,64
1994		23,21	1,19	3,57	9,52	62,50	,	
Genève	TT	14,94	13,42	16,71	40,18	19,67	51,80	20,66
2000		18,32	5,69	5,02	10,93	59,68	0,37	
Zurich	TT	17,16	12,74	19,27	40,48	20,51	96,36	22,56
1994		29,95	7,21	0,85	14,90	46,24	0,85	
Zurich	TT	18,64	14,33	13,37	43,59	19,64	10,53	21,88
2000		29,35	4,49	1,85	12,43	50,95	0,92	

Au centre-ville, la part des TC est en baisse dans toutes les villes, sauf Grenoble et Lyon. La part de la VP est décroissante, sauf à Lyon, Rennes et Strasbourg. A l'inverse, celle de la marche est croissante dans toutes les villes, sauf Lyon et Rennes.

Les parts de marché de la marche sont comparables entre les pays. La part de marché des TC dans le centre est plus élevée en Suisse. Et la voiture a la plus forte part dans les centres-villes français.

Par rapport au suburbain et périurbain, les villes suisses se distinguent de la même façon, par des parts de marché pour la marche et les TC un peu plus élevées et des temps par déplacement plus longs pour l'ensemble des modes.

En définitive, les BTT plus élevés en Suisse proviennent pour grande partie :

1. d'une part, de temps par déplacement plus longs qu'en France, sur l'ensemble des modes,
2. d'autre part, d'une part des déplacements plus importants effectués en marche à pieds, associés à des durées de déplacements en marche à pieds plus élevées.
3. enfin, d'un usage plus intensif des TC en Suisse, qui s'accompagne de temps plus longs par rapport aux temps de déplacement en VP,

Ce qu'il faut souligner ici est que compte tenu de la part de marché des TC et des différences de durées de trajets, ce dernier élément est certainement celui des trois qui a le plus faible impact sur le budget-temps de transport moyen des agglomérations suisses.

Conclusion

Les effets des politiques de transports urbains initiées dans les différentes villes sont difficilement identifiables de façon certaine. Toutefois, il semble possible d'avancer que les villes ayant réalisé un effort particulier pour réduire la place de la VP en ville, et notamment au centre-ville et promouvoir l'usage des TC, obtiennent des résultats substantiels. Berne en est le meilleur exemple, suivi par Zurich, en parvenant à maintenir un équilibre relatif entre TC et VP. Par contre, la situation de Strasbourg est pour le moins surprenante, voir suspecte, malgré toutes nos vérifications. En effet, elle reste la seule agglomération, où malgré une politique de maintien d'infrastructure de TC de qualité et une gestion des accès routiers au centre, la progression de la VP et la chute des TC ne sont pas ralenties. Un facteur d'explication est peut être la forte hausse du temps de déplacement en TC. Qui semble le résultat de temps en transport régional particulièrement élevés et qui annulent tous les gains de temps des TCSP.

Les politiques des villes telles que Grenoble et Lyon, visant une amélioration des TC sans affecter volontairement les accès routiers, semblent elles aussi relativement efficaces. Grenoble, avec plus de succès, maintient un partage modal relativement stable sur la période.

A l'inverse, Rennes, voit sa mobilité s'orienter uniformément vers le « tout automobile » avec une part des déplacements motorisés réalisée à plus de 80% en voiture.

Ce que révèle notre analyse des mobilités selon des caractères spatiaux très agrégés réside aussi dans les limites de la méthode employée. En effet, nos résultats indiquent quelques résultats et pistes à approfondir, mais aussi le besoin de précision de la dimension spatiale intégrée dans l'étude. De plus, l'analyse de la mobilité ne peut exclure la dimension individuelle socio-économique de la mobilité. Il convient donc de penser le BTT tant dans sa dimension spatiale et urbaine que sa dimension individuelle socio-économique.

La section suivante introduit ces attributs dans l'analyse des mobilités et la partie suivante initie une méthode de modélisation agrégée qui tentera d'intégrer ces deux dimensions.

II. Les régularités des budgets-temps de transport

Cette seconde partie de l'analyse agrégée des BTT s'oriente vers la recherche des relations entre BTT et différentes variables caractérisant, les individus, les ménages, mais aussi leurs mobilités, leurs activités, ou encore, les espaces et les temporalités des mobilités.

La revue de la littérature relative aux budgets-temps de transport sert de support pour la présentation des effets identifiés dans les sept agglomérations traitées dans cette étude.

Les analyses des budgets-temps de transport ont recherché les variations des budgets-temps selon plusieurs dimensions :

4. Le terme temporel de l'observation des budgets-temps de transport, qui révèle des variations dans le long terme entre décennies ou années, et dans le court et moyen terme, entre les mois, les jours d'observation et les horaires de déplacement,
5. Les caractéristiques des zones regroupant les indicateurs géographiques généraux de l'agglomération, les attributs de la structure urbaine et du système de transport,
6. Les attributs socio-économiques (statut professionnel, âge, revenu, motorisation, etc.) et les caractéristiques des programmes d'activités (durées et fréquences des activités, etc.).

Les multiples variables liées aux budgets-temps de transport sont finalement présentées dans les sous-sections suivantes et les variables *a priori* corrélées avec les budgets-temps de transport sont identifiées à l'aide des tableaux croisés des parties suivantes.

1. Les variations en termes temporels – *trend* et saisonnalité

Sur le long terme, les budgets-temps de transport paraissent relativement stables, dans le sens où, ils restent contenus dans un intervalle relativement étroit autour d'une heure quotidienne. Schafer (2000) illustre cet intervalle au niveau mondial pour une trentaine d'années. Kumar et Levinson (1995) observent la relative stabilité du budget-temps de transport américain pour la période 1954-1990. Et Metz (2003) illustre la stabilité du temps de transport annuel moyen des villes anglaises sur la période 1972/73 à 1999/2001. Cependant, les budgets-temps de transport pour chaque agglomération ne paraissent pas pouvoir soutenir l'hypothèse de stabilité dans le temps. Les variations des budgets-temps de transport dépendent selon les régions et les villes étudiées du terme temporel utilisé. Dès un niveau d'analyse plus fin que le niveau mondial, d'autres résultats illustrent la faible stabilité des budgets-temps de transport dans le temps. Ainsi, au niveau national, Van den Broek et al. (2004) montrent pour les Pays-Bas une augmentation significative du temps de transport hebdomadaire obtenu lors d'une enquête des emplois du temps nationaux réalisée régulièrement entre 1975 (6,6 h) et 2000 (8,4 h). Sur la base des résultats de Tanner (1979), Gunn (1981) montre la croissance des dépenses temporelles quotidiennes de transport en Angleterre de 1953 (45 min) à 1976 (52 min). Tout comme Mackett (1995) observe une hausse des distances parcourues et des budgets-temps de transport en Angleterre sur les décennies 1970 et 1980.

Au niveau des aires urbaines, Levinson et Wu (2005) rejettent la stabilité des budgets-temps de transport pour Washington entre 1968 et 1994 et pour les Twin-Cities entre 1990 et 2000. Kitamura et al. (2003) obtiennent des budgets-temps de transport croissants pour l'aire métropolitaine de Kyoto-Osaka-Kobe, entre 1970 et 2000. Purvis (1994) observe une croissance du budget-temps de transport par mobile pour San Francisco entre 1965 et 1981, et une baisse entre 1981 et 1990. Armoogum et al. (2003) illustrent des budgets-temps croissants pour Paris, Lyon et Lille entre 1976-1977 et 1995-1998. Enfin, les résultats de Quetelard (1998) sur les budgets-temps de transport des agglomérations françaises illustrent des tendances opposées selon les agglomérations. A Toulouse, Grenoble et Marseille une baisse

du budget-temps est observée entre les années 1970 et 1990. Alors que Paris, Lyon, Lille et Nantes voient leurs budgets-temps croître sur la période.

Les résultats présentés dans le tableau II-1 soutiennent ce constat d'un budget-temps de transport relativement proche d'une heure, mais qui semble tout de même croissant dans le temps pour chacune des villes étudiées.

Par ailleurs, certaines saisonnalités apparaissent. Tout d'abord au niveau mensuel, Kumar et Levinson (1995) ont constaté des variations d'environ 10 % entre les mois observés. L'été semble correspondre à des budgets-temps de déplacement plus élevés d'environ 10 min. Au niveau hebdomadaire, Schönfelder et Axhausen (2000) constatent l'existence de cycles dans les rythmes hebdomadaires. Les variations du temps alloué au transport par semaine sont plus faibles que celles du budget-temps de transport quotidien entre différents jours de semaine (Goodwin, 1978). Ces variations quotidiennes sont observées par un grand nombre d'études (tableau A-5). Le vendredi affiche une mobilité plus importante qui se traduit par un budget-temps de transport moyen plus élevé que les autres jours de la semaine (Prendergast et Williams, 1981). Le tableau II-7 présente les variations de budget-temps de transport constatées dans nos sept villes. Le cycle hebdomadaire d'un budget-temps de transport croissant du lundi au vendredi semble relativement universel.

Enfin, les horaires des déplacements affectent leur durée (Hamed et Mannering, 1993 ; Ma et Goulias, 1998). Cela souligne les interactions existant entre les niveaux de mobilité et les horaires de déplacement et les impacts potentiels des adaptations des programmes d'activités au cours de la journée.

Tableau II-7 : Budgets-temps de transport selon le jour de déplacement

Jour de déplacement	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
Berne 1994	67.75	75.72	72.08	74.13	86.90
Berne 2000	84.02	95.03	78.90	81.58	91.30
Grenoble 2001	73.00	79.65	78.51	81.16	80.78
Grenoble 1992	61.23	65.90	71.69	71.65	68.80
Genève 1994	84.39	72.23	103.10	57.94	95.42
Genève 2000	78.49	91.78	80.96	84.07	95.70
Lyon 1985	63.70	67.89	66.17	71.23	72.73
Lyon 1995	75.30	77.96	80.78	82.85	87.96
Rennes 2000	68.17	67.92	72.52	66.62	80.88
Rennes 1991	53.85	58.00	58.28	60.53	60.16
Strasbourg 1988	66.65	73.49	73.42	68.38	76.12
Strasbourg 1997	75.27	77.31	81.90	78.90	80.67
Zurich 1994	80.30	83.94	84.88	82.25	88.71
Zurich 2000	80.16	92.53	86.89	82.80	101.10

2. Les variations en termes spatiaux

a) Effet régional

Un premier effet spatial envisageable en quittant le niveau d'analyse agrégé mondial est un effet régional. Cet effet est constaté à l'intérieur des Etats-Unis par Levinson (1999) qui constate des budgets-temps de transport régionaux différents. Ainsi, la région Centre-Atlantique a des budgets-temps de transport plus faibles que la région des Rocheuses. Une telle différenciation est aussi retrouvée entre les pays européens (Eurostat, 2003). Ou entre certaines régions américaines et certains pays européens, comme la différence entre la Californie et les Pays-Bas illustrée par Kitamura et al. (1992), ou la différence entre la Grande-Bretagne et les Etats-Unis (Giuliano et Narayan, 2003). De la même façon, Schwanen (2002) montre une forte dispersion des temps de trajet à motif travail dans les villes européennes.

A un niveau plus fin, les budgets-temps de transport peuvent être examinés en fonction des critères géographiques standards des régions étudiées, comme par exemple, la taille de l'agglomération, la densité urbaine, ou en fonction d'une typologie des zones urbaines.

b) Taille et densité de l'agglomération - structure urbaine

La comparaison des caractéristiques moyennes des agglomérations en lien avec leur budget-temps de transport moyen ne révèle pas de tendance systématique. Ainsi, seule une partie des études identifie quelques effets relativement faibles des caractéristiques de la structure urbaine.

La taille de la ville semble affecter le niveau de budget-temps de transport moyen. Ainsi, Godard (1978) montre que les budgets-temps de transport moyens des agglomérations françaises paraissent croissants avec la taille de la ville, mesurée par le niveau de population. Le même constat peut être fait des résultats de Quetelard (1998) qui illustrent un effet taille sur les budgets-temps de transport des villes françaises. Par exemple, les résultats indiquent un seuil de 50 min pour les villes de plus de 500000 habitants. Ce léger effet taille semble également observé par l'étude de Wigan et Morris (1979), entre les villes australiennes de Melbourne et Albury/Wodonga. Katiyar et Ohta (1993) font apparaître des budgets-temps de transport plus importants pour les villes japonaises les plus grandes.

Enfin, cet effet de taille se dégage plus clairement pour les temps de déplacement à motif travail. La régression linéaire effectuée sur un échantillon de 61 villes américaines par Izraeli et McCarthy (1985) met en évidence l'effet de la taille des villes. De même, Gordon et al. (1991) et Schwanen (2002) montrent que ce temps de transport pour le motif travail est plus élevé dans les grandes villes et les villes denses. Les BTT des villes millionnaires, Lyon et Zurich, de notre échantillon semblent elles aussi indiquer un effet taille.

Concernant la densité, Tanner (1961) montre que les dépenses temporelles de transport (marche-à-pied exclue) sont positivement corrélées à la densité et aux vitesses de déplacement. Ainsi, les zones rurales affichent des vitesses de déplacement plus élevées et des budgets-temps de transport plus faibles que les autres zones. Et les grandes zones urbaines ont les vitesses les plus faibles et les budgets-temps de transport les plus élevés. Ces résultats semblent confirmés par Gunn (1981). Il obtient pour les zones dont la densité résidentielle est la plus élevée les budgets-temps de transport les plus élevés. Et les zones les moins denses affichent les budgets-temps de transport les plus faibles. Mais entre ces deux extrêmes, l'effet de la densité résidentielle sur les budgets-temps de transport est faible. De même, Van der Hoorn (1979) obtient les budgets-temps de transport hebdomadaires les plus élevés pour les zones les plus denses. Et Landrock (1981) observe les budgets-temps de transport les plus élevés pour la métropole londonienne.

Izraeli et McCarthy avancent notamment les hypothèses suivant lesquelles :

1. Les grandes villes ont un espace plus contraint, les empêchant de construire de nouvelles infrastructures et des pôles d'activités secondaires, nécessaires à la réduction de la congestion,
2. La densité des villes a deux effets : le premier est la création de congestion, le second est la fuite de la concentration urbaine qui incite les individus à quitter le centre-ville pour la périphérie.

Cependant, Levinson (1999) donne l'exemple d'un très faible effet de taille pour les villes américaines. Par ailleurs, l'effet de la densité sur les budgets-temps de transport reste peu démontré⁶⁹. Levinson (1999) constate un effet positif significatif de la densité sur le budget-temps de transport, mais qui reste très faible (1 % de la variance des budgets-temps seulement est expliquée par la variance de la densité). En définitive, la densité urbaine est très certainement un indicateur de la congestion et de la distance au(x) centre(s) métropolitain(s), plus que de la concentration elle-même (Levinson, 1999). En ce sens, la densité peut donc avoir plusieurs effets opposés sur les durées de déplacement : un effet d'attraction des trafics, un effet de réduction des distances et un effet de congestion. Enfin, ces effets de taille et de densité sont accompagnés d'effets relatifs à l'âge du bâti et à la part modale des transports publics.

⁶⁹ L'essentiel des études des relations entre les formes urbaines et les mobilités se concentrent généralement sur les distances, les nombres de déplacements ou le partage modal. Les aspects temporels de la mobilité sont très rarement abordés ou uniquement au travers du temps de déplacement domicile-travail.

L'ensemble de ces relations semble indiquer que les grandes villes denses, souvent les plus anciennes et usant relativement plus des transports publics sont des villes congestionnées et contraintes par leur espace. Ainsi, dans ces villes, les vitesses sont plus lentes, les distances parcourues sont plus élevées et, en conséquence les temps de transport sont plus importants que dans des villes moins denses, éventuellement polycentriques et bénéficiant de bonnes vitesses de déplacement⁷⁰.

Par ailleurs, l'analyse des localisations résidentielles des ménages révèle des relations contradictoires. Downes et Morrell (1981) observent des budgets-temps de transport par ménage stables pour toutes les « couronnes » de Reading. Supernak (1982) obtient des budgets-temps de transport plus élevés pour la zone urbaine de Baltimore, que la zone suburbaine. Mais, il observe le résultat inverse pour les Twin-Cities.

Enfin, Gordon et al. (1989) avancent que la raison pour laquelle les budgets-temps de transport dans les grandes villes sont plus élevés réside dans la structure de l'espace urbain et non dans la densité. Ainsi, l'effet de la densité sur la mobilité dans une ville polycentrique n'est pas déterminé aussi directement que dans une ville monocentrique, où la densité est synonyme de distances parcourues réduites.

Les tableaux II-4 à 6 présentent les budgets-temps de transport selon les villes et selon les zones de résidence. Les distinctions des effets de taille et de densité semblent difficilement observables avec nos données. Il semble tout de même que les villes millionnaires ont des BTT plus élevés et les villes suisses, plus denses ont des BTT supérieurs.

c) Type de zones

De façon plus générale, les zones et les villes sont décrites par des qualificatifs multiples, tels que villes compactes, villes nouvelles, zones centrale, intérieure, extérieure et intermédiaire ou encore, zones équilibrées, résidentielles ou d'emplois, etc. (Downes et Morrell, 1981 ; Supernak, 1982 ; Cervero, 1995). Ces qualificatifs sont utilisés pour synthétiser un ensemble de caractéristiques urbaines. Et de la même façon que pour la densité, les relations entre les types de zone et les budgets-temps de transport sont relativement incertaines. Ainsi, Downes et Morrell (1981) observent des budgets-temps de transport relativement équivalents entre les zones intérieures, intermédiaires et extérieures de Reading. Barnes et Davies (2001) ne trouvent de différence significative qu'entre les budgets-temps de transport des habitants de la zone rural des Twin-Cities et les habitants du centre-ville. Les ruraux ont des temps de déplacement plus élevés que les centraux. Kitamura et al. (2003) constatent, dans la région métropolitaine de Kei-Han-Shin observée en 1970, 1980, 1990 et 2000, des effets positifs de la résidence dans une zone suburbaine qui se réduisent avec le temps.

Cette incertitude est partagée par la littérature relative aux interactions entre l'usage du sol et la mobilité. En effet, l'étude de ces interactions a fait apparaître la diversité des impacts des caractéristiques des usages du sol sur les indicateurs de mobilité, telles que la distance parcourue, le partage modal et les temps de déplacement (Kenworthy et Laube, 1999 ; Stead,

⁷⁰ Les travaux de Newman, Kenworthy et Laube (Kenworthy et Laube, 1996, 1999 ; Newman et Kenworthy 1989, 1996, 1998) ont fortement contribué aux fondements de cette opposition entre les villes denses européennes et les villes étalées américaines. Les auteurs ont notamment montré la relation entre la densité urbaine et les distances parcourues, les émissions polluantes et la dépendance automobile. Toutefois, cette opposition est rarement étudiée en termes de temps de déplacement. Comme le montrera le chapitre 3, l'écart entre les niveaux de budgets-temps de transport motorisé moyens des profils d'agglomération n'indique pas un allongement des temps de déplacement des villes denses. Au contraire, de façon paradoxale, ce sont les villes affichant les vitesses les plus rapides qui ont les budgets-temps de transport motorisé les plus élevés.

1999 ; Badoe et Miller, 2000 ; Crane, 2000 ; Cervero, 2002 ; Dieleman et al., 2002 ; Meurs et Van Wee, 2003 ; Van Wee et Maat, 2003). Ces derniers sont essentiellement analysés au travers des durées moyennes par déplacement ou des durées moyennes de déplacement domicile-travail.

La densité reste un indicateur très général de la forme urbaine et synthétise tout un ensemble d'attributs urbains, tels que la concentration des aménités, leur accessibilité, leur mixité ou l'orientation du système de transport vers les transports collectifs, un réseau viaire propice à la marche à pied, etc. Il en résulte une certaine difficulté pour déterminer l'effet de la structure urbaine sur les temps de déplacement. Les multiples interactions entre l'agencement urbain, les systèmes de transport et les choix de mobilité et de localisation rendent particulièrement complexe l'interprétation des résultats issus de cette voie de recherche.

De façon générale, une opposition entre deux systèmes urbains semble avérée. D'une part, une ville étalée et dispersée, dont le système de transport repose essentiellement sur l'automobile. Et d'autre part, une ville dense où les déplacements sont réalisés par un usage relativement équilibré entre l'automobile et les autres modes.

Nos villes semblent éclairer les BTT de ces deux profils : comme nous l'avons évoqué dans la section précédente, un effet des localisations résidentielles apparaît, mais différemment selon le pays. En France, les zones centrales sont caractérisées par un BTT plus élevé qu'en périphérie, alors qu'en Suisse, le BTT au centre-ville est relativement réduit.

3. Les variations en termes de caractéristiques individuelles socio-économiques

Les dépenses temporelles de transport révèlent des variations importantes et systématiques selon certaines caractéristiques personnelles ou du ménage. Mais, l'interdépendance des différentes variables socio-économiques rend parfois les résultats contradictoires. Il en résulte une multitude d'effets identifiés pour de nombreuses caractéristiques individuelles socio-économiques ou des programmes d'activités. Une présentation de ces effets est proposée par Mokhtarian et Chen (2004) et regroupe les variables qui ont été le plus souvent testées, telles que l'âge, le statut professionnel, la motorisation, etc. Une révision de ces effets est présentée dans le tableau A-5. Un bon nombre des effets des caractéristiques socio-économiques identifiés dans le tableau A-5 sont illustrés pour certaines villes françaises par les travaux de Quetelard (1998). Comme Godard (1978) l'avait réalisé, en désagrégeant le budget-temps de transport moyen par agglomération, Quetelard montre que d'autres variables peuvent affecter les budgets-temps de transport. L'analyse de quatre enquêtes ménages (Grenoble 1985 et 1992, Cherbourg 1994 et Marseille 1988) indique que le budget-temps de transport semble :

- croissant avec la motorisation,
- plus élevé pour les hommes que pour les femmes,
- croissant avec la taille du ménage,
- lié à l'âge,
- plus élevé pour les personnes possédant le permis de conduire,
- lié à la position de l'individu dans le ménage,
- croissant avec le niveau d'étude,
- lié à la catégorie socioprofessionnelle.

Mais, les résultats de cette analyse en séries croisées sont nuancés par l'étude de l'évolution des budgets-temps de transport, à partir des EMD de Lyon 1976-1985-1995, Grenoble 1978-1985-1992 et Belfort 1983-1992, qui fait apparaître des relations divergentes selon les villes. Les évolutions des budgets-temps de transport selon les caractéristiques des personnes (sexe, âge, niveau d'étude, statut de la personne, position dans le ménage, possession du permis de conduire, motorisation du ménage) sont différentes dans les trois agglomérations étudiées. Les

structures des budgets-temps de transport par mode de déplacement évoluent au bénéfice de la voiture particulière. Et les structures des budgets-temps de transport selon les motifs de déplacement font apparaître une baisse du temps de transport des déplacements domicile-travail, au bénéfice des déplacements à motif de loisir.

Du fait des interrelations entre les caractéristiques individuelles et les programmes d'activités, certaines études ont défini des profils d'individu sur la base du croisement de plusieurs variables. Comme le propose Kaufmann (1999), les comportements de mobilité et les activités de la vie quotidienne peuvent s'articuler autour de quatre « sphères d'activités » (sphère du travail, sphère de l'engagement, sphère domestique, sphère du temps libre). Ces sphères de la vie quotidienne constituent les modes de vie, soit le reflet des aspirations des personnes et des contraintes de la vie quotidienne. Les mobilités spécifiques associées à chaque sphère constituent la dimension spatialisée des modes de vie. Ainsi, trois idéaux-types peuvent être énoncés : le mode de vie « citadin », le mode de vie « californien », le mode de vie « métropolitain ». Chacun se caractérise spatialement par rapport à la structure urbaine, au système de transport et est associé aux individus selon leur classe d'âge, leur structure familiale, etc. Ce type d'approche, définissant des styles de vie, est notamment développé par Principio et Pas (1997). Ils définissent sept styles de vie en fonction des programmes d'activités et montrent les différences en termes de nombres de déplacements, de chaînes de déplacements et de temps quotidiens de déplacement. Par exemple, les travailleurs actifs (*active workers*) ont les plus grands nombres de déplacements, de chaînes et les plus longs budgets-temps de transport. Les « socialisants » (*socializers*), qui consacrent plus de la moitié de leur temps aux activités sociales, sont caractérisés par les plus faibles nombres de déplacements et de chaînes et par une gestion peu efficace de leur chaîne de déplacements.

a) Régularités sur les enquêtes suisses et françaises

Nos résultats peuvent être comparés avec ceux obtenus par les autres études mentionnées par Mokhtarian et Chen (2004) :

1. La majorité des études montrent un effet significatif du *genre* sur le budget-temps de transport (tableau II-8). Les hommes consacrent plus de temps à leurs déplacements quotidiens que les femmes. Par ailleurs, Prendergast et Williams (1981) et Robinson (1997) analysent les effets d'interaction entre le genre et le statut professionnel sur le temps de transport. Nous obtenons des résultats similaires, le budget-temps de transport maximum correspond aux hommes actifs et le budget-temps de transport minimum est associé aux femmes au foyer ou aux femmes sans emploi (tableau II-8).
2. Peu d'études obtiennent un effet non-significatif pour l'âge (Roth et Zahavi, 1981). Les résultats de Prendergast et Williams (1981) et Kitamura et al. (1992) montrent que les individus des classes d'âge intermédiaires passent relativement plus de temps dans les transports que les jeunes (d'âge inférieur à 20 ans) et les personnes de plus de 50 ans. Notre décomposition en classes d'âge apporte un éclairage équivalent. Les classes d'âge de 18 à 55 ans correspondent le plus souvent aux BTT les plus élevés (tableau II-9).
3. Le *statut professionnel* est dans de nombreuses études associé à un effet significatif. Parmi les actifs, selon les villes, certaines catégories socio-professionnelles sont associées à des BTT plus ou moins élevés (tableau II-10). La distinction entre les actifs et les inactifs est maintenant une des bases des modèles de mobilité orientés sur les activités (par exemple, CEMDAP de Bhat et al., 2004b).

Tableau II-8 : Budgets-temps de transport moyens selon le genre et le genre croisé avec le statut professionnel

	Homme	Femme	Homme actif	Femme active	Homme inactif	Femme inactive
Berne 1994	82.33	69.27	84.15	73.11	77.58	64.87
Berne 2000	88.59	84.41	85.30	87.66	97.12	80.76
Grenoble 2001	80.39	76.45	88.39	78.01	73.13	75.35
Grenoble 1992	70.10	64.58	73.46	66.71	66.95	63.29
Genève 1994	90.50	78.28	93.18	81.23	84.11	74.96
Genève 2000	91.28	81.75	92.09	80.61	89.12	83.11
Lyon 1985	73.63	63.15	81.15	68.28	64.86	59.52
Lyon 1995	86.70	74.50	95.95	79.77	76.89	70.51
Rennes 2000	77.01	65.98	89.02	72.53	64.77	61.08
Rennes 1991	60.85	55.54	65.73	57.80	55.74	53.86
Strasbourg 1988	76.37	66.81	78.09	66.94	73.00	66.69
Strasbourg 1997	84.49	73.45	92.25	79.62	76.44	68.99
Zurich 1994	97.40	73.94	104.07	76.66	75.42	71.11
Zurich 2000	95.47	82.01	96.40	82.46	92.62	81.48

4. La *taille du ménage* a un effet positif sur le budget-temps de transport. Mais, certaines études montrent des résultats différents. Zahavi et Ryan (1980), Zahavi et Talvitie (1980) et Purvis (1994) ont observé un effet négatif de la taille du ménage sur le temps de transport quotidien par personne. Et Roth et Zahavi (1981) obtiennent un effet non-significatif. Le nombre d'individus du ménage peut être perçu comme un élément réduisant la part des responsabilités communes supportée par chaque membre. L'effet sur la mobilité individuelle dépendra alors de la part d'activités hors-domicile poursuivies en remplacement. Ainsi, dans notre cas, la taille du ménage pourrait permettre une augmentation de la participation individuelle à des activités hors-domicile avec pour conséquence une hausse de la mobilité et du budget-temps de transport.

Le tableau II-11 illustre des situations variées. L'effet de la taille du ménage n'est pas clairement identifiable avec une simple comparaison des moyennes par classe. Les dernières classes sont d'une interprétation difficile en raison de la taille des effectifs associés. Toutefois, il semble que pour les villes de Grenoble, Rennes et Strasbourg le BTT soit décroissant avec la taille du ménage.

Tableau II-9 : Budgets-temps de transport moyens selon la classe d'âge

	AGE<18	17<AGE<35	34<AGE<45	44<AGE<55	54<AGE< 65	64<AGE
Berne 1994	57.71	76.71	78.86	73.98	88.58	65.64
Berne 2000	.	87.35	95.63	89.98	84.37	77.27
Grenoble 2001	59.41	82.99	86.16	82.17	77.83	77.84
Grenoble 1992	54.83	73.34	69.22	65.09	67.58	66.47
Genève 1994	45.74	86.38	83.15	87.73	87.85	85.43
Genève 2000	.	82.43	88.07	89.72	89.74	82.07
Lyon 1985	53.82	78.28	72.21	68.06	69.14	59.66
Lyon 1995	60.33	88.68	86.75	86.55	81.12	69.99
Rennes 2000	45.23	78.69	81.77	79.50	68.73	68.00
Rennes 1991	43.06	67.46	60.67	58.19	58.51	55.00
Strasbourg 1988	74.97	78.75	72.17	65.74	60.33	64.11
Strasbourg 1997	61.57	89.25	82.81	83.48	79.31	63.06
Zurich 1994	64.49	89.58	90.01	92.58	82.07	68.66
Zurich 2000	.	89.62	88.54	87.20	94.89	82.80

- De la même façon, le *nombre d'enfants* peut être perçu comme un indicateur de la charge de responsabilités pesant sur les membres du ménage (tableau II-12). L'effet sur le budget-temps de transport est encore plus fort lorsque les enfants sont en bas âge. Les membres d'un ménage avec un ou plusieurs enfants de moins de 5 ans doivent réduire leur participation aux activités hors-domicile et réduisent leur mobilité et leur budget-temps de transport.
- La structure du ménage permet de croiser l'effet de la taille du ménage et la présence d'enfants (tableau II-12). Elle capte une partie des effets que l'on peut associer au cycle de vie. Un résultat similaire aux précédents est retrouvé. Les célibataires sans enfant et les membres d'un couple sans enfant ont le plus souvent, les BTT les plus élevés.

Tableau II-10 : Budgets-temps de transport selon le statut professionnel

	Agriculteurs	Commerçants, artisans, chefs d'entreprise	Professions libérales, cadres	Professions intermédiaires	Employés	Ouvriers	Inactifs, divers	Ecoliers, étudiants	Indéterminé
Berne 1994	88.61	43.13	69.30	77.71	78.65	103.00	65.57	72.69	155.00
Berne 2000	81.51	36.38	79.68	97.43	85.20	65.00	.	96.17	80.83
Grenoble 2001	35.52	95.52	84.34	90.48	74.32	80.38	69.32	70.49	94.13
Grenoble 1992	59.75	68.62	71.90	72.76	63.34	73.25	59.43	63.97	69.67
Genève 1994	83.38	39.00	68.31	81.88	92.72	.	74.95	84.35	.
Genève 2000	102.64	69.75	76.15	84.49	84.36	160.25	.	91.22	80.06
Lyon 1985	47.44	67.57	84.96	76.31	64.10	75.11	68.68	37.11	66.09
Lyon 1995	55.37	94.78	96.25	88.22	76.09	81.46	83.54	54.87	57.85
Rennes 2000	51.97	83.84	89.00	87.09	68.70	72.46	73.27	40.45	130.00
Rennes 1991	43.33	54.01	72.32	63.97	57.38	60.30	65.92	38.42	66.98
Strasbourg 1988	34.25	65.24	83.77	76.46	67.19	70.05	.	70.74	.
Strasbourg 1997	55.15	77.47	92.15	91.91	76.20	78.99	81.23	57.12	60.67
Zurich 1994	93.19	67.00	85.45	86.73	94.13	78.13	74.15	70.05	.
Zurich 2000	91.13	111.33	79.87	93.35	88.99	84.75	.	86.26	85.60

Tableau II-11 : Budgets-temps de transport selon la taille du ménage

	1 Personne	2 Personnes	3 Personnes	4 Personnes	5 Personnes	6 Personnes	7 Personnes	8 Personnes et +
Berne 1994	70.31	81.74	78.25	73.81	66.52	63.50	.	.
Berne 2000	82.69	87.07	92.77	94.46	72.80	66.55	65.50	22.50
Grenoble 2001	84.59	78.73	75.65	76.61	76.83	75.37	75.53	66.85
Grenoble 1992	73.37	69.80	64.64	63.80	68.07	54.87	69.98	72.44
Genève 1994	104.17	86.43	67.05	62.90	40.91	90.50	149.00	.
Genève 2000	88.36	82.38	90.74	83.32	88.04	83.21	20.00	30.50
Lyon 1985	74.31	69.03	69.67	64.63	67.50	62.27	62.88	71.38
Lyon 1995	82.80	80.93	83.42	78.48	78.98	69.35	71.91	71.45
Rennes 2000	79.01	73.72	69.31	69.01	63.19	57.84	70.30	63.52
Rennes 1991	64.38	58.87	59.22	55.52	54.05	62.44	56.81	56.18
Strasbourg 1988	75.77	69.94	73.04	68.43	74.28	71.59	51.25	84.63
Strasbourg 1997	86.34	78.92	78.36	78.11	77.77	65.82	60.08	73.57
Zurich 1994	87.44	79.80	89.88	81.62	97.27	59.88	.	62.50
Zurich 2000	88.53	84.82	89.75	93.92	93.19	108.10	69.40	.

Tableau II-12 : Budgets-temps de transport selon le nombre d'enfants et selon la structure familiale

	Sans enfant	1 enfant	2 enfants	3 enfants	4 enfants et +	Célibataire	Célibataire avec enfant	Couple sans enfant	Couple avec enfant
Berne 1994	76.02	73.63	73.97	62.42	65.17	76.37	71.10	69.38	79.79
Berne 2000	86.34	90.10	89.65	63.80	50.14	86.64	87.86	81.53	72.46
Grenoble 2001	80.75	74.19	75.51	81.28	65.45	83.97	75.18	78.71	75.61
Grenoble 1992	70.06	63.89	62.39	64.75	61.81	74.29	55.92	68.22	64.01
Genève 1994	94.52	57.93	57.03	45.45	102.20	93.77	56.91	108.00	78.00
Genève 2000	85.97	92.37	80.59	79.64	54.13	85.77	85.98	90.05	83.85
Lyon 1985	70.46	68.42	62.72	63.44	67.74	74.56	65.70	69.03	65.75
Lyon 1995	82.82	80.55	74.09	75.73	69.84	83.80	76.87	82.38	76.67
Rennes 2000	75.66	69.52	67.56	59.22	59.52	78.91	61.12	73.55	67.15
Rennes 1991	61.65	55.93	53.22	53.37	50.64	63.47	50.99	61.01	54.61
Strasbourg 1988	70.24	75.07	72.94	73.81	65.47	74.50	84.50	68.71	72.63
Strasbourg 1997	82.11	76.85	76.94	71.47	65.29	85.42	75.54	80.48	75.03
Zurich 1994	86.25	78.84	77.12	85.45	58.73	85.71	77.15	93.51	79.47
Zurich 2000	87.66	99.51	83.73	81.85	95.67	87.68	92.10	86.13	80.95

Tableau II-13 : Budgets-temps de transport selon la classe de revenu

	Moins de 2500F	de 2500 à moins de 5000F	de 5000F à moins de 7500F	de 7500F à moins de 10000F	de 10000F à moins de 12500F	de 12500F à moins de 15000F	de 15000F à moins de 20000F	de 20000F à moins de 30000F	de 30000F à moins de 50000F	50000F et plus	Non réponse
Grenoble 2001		78.08	83.71	75.25	83.80	78.78	74.81	74.82	77.11	85.99	77.83
Lyon 1995	78.20	81.37	79.50	76.67	76.18	76.35	81.05	88.94	86.67	90.88	74.50
Rennes 2000	.	73.38	67.27	67.49	68.21	72.97	71.80	71.82	75.94	74.24	69.32
Strasbourg 1997	.	82.70	72.77	81.32	78.91	81.61	81.19	75.97	78.73	92.31	69.25

7. Les résultats des études antérieures relatifs aux *effets revenus* sont contradictoires. Comme pour la motorisation, de multiples effets opposés sont envisageables et observés (tableau II-13). Ici⁷¹, les membres de ménages à haut revenu et ceux de ménages à bas revenu ont des budgets-temps de transport plus élevés. Cela s'explique, très certainement pour les premiers, par une mobilité et une participation aux activités hors-domicile qui sont peu contraintes par les coûts monétaires, et pour les seconds par la prépondérance des contraintes monétaires pesant sur la mobilité. L'observation du nombre de déplacements semble confirmer cette hypothèse. En effet, le nombre de déplacements pour les classes de revenu aisé est nettement supérieur. Ce résultat indique le schéma classique suivant lequel, les ménages aisés sont plus motorisés. Ils accèdent ainsi à des vitesses plus rapides, leurs permettant pour un budget-temps équivalent aux autres classes de revenu, de réaliser plus de déplacements.
8. La *localisation résidentielle* est une variable influente sur les budgets-temps de transport de Lyon. Mokhtarian et Chen (2004) mentionnent que de nombreuses études ont identifié les caractéristiques des zones comme des variables influant sur les budgets-temps de transport. Généralement, la localisation centrale, dans la zone la plus dense, conduit à des budgets-temps de transport plus élevés. Les localisations suburbaines sont associées à des budgets-temps de transport plus faibles, sauf pour la zone ouest de la troisième couronne. Pour comprendre les effets spécifiques des zones identifiées sur l'ensemble des sept agglomérations d'étude, nous manquons d'informations sur leurs attributs (comme par exemple, la densité de population, la taille de la zone, etc.) et sur les caractéristiques de leurs systèmes de transport et de leur structure urbaine.
Seul un découpage en trois zones des agglomérations a pour le moment été utilisé (cf. tableau II-2). Il révèle un certain pouvoir séparateur. Cependant, les écarts de niveau de BTT ne sont pas interprétables finement. Pour cela, un travail préalable de recueil de données pour les agglomérations suisses est nécessaire.
9. Le *jour du déplacement* a un effet significatif sur le temps quotidien alloué au transport. Ici, les budgets-temps de transport sont plus élevés en fin de semaine (cf. tableau II-7). Cela révèle une partie des régularités et des habitudes des cycles quotidiens ou hebdomadaires de la mobilité et des emplois du temps (Downes et Morrell, 1981 ; Gunn, 1981 ; Prendergast et Williams, 1981 ; Roth et Zahavi, 1981 ; Huff et Hanson, 1990). Goodwin (1981) propose trois origines des variations quotidiennes. Tout d'abord, un pur effet aléatoire. Ensuite, une variation systématique, due au fait que l'ensemble des types de déplacement ne peut être réalisé chaque jour. Enfin, un effet de retard peut apparaître. La mobilité observée sur la période courante peut résulter de contraintes provenant d'une période ultérieure inobservée. Comme le souligne, Mannering et al. (1994), l'intérêt de la compréhension des variations quotidiennes des emplois du temps réside dans la capacité à distinguer les variations de long terme (comme les variations d'organisation des activités en 1 an) des variations quotidiennes ou hebdomadaires de court terme. L'objectif étant alors de comprendre les variations des préférences qui altèrent les allocations de temps.
10. L'introduction d'indicateur de l'accès aux modes de transport et du choix modal indique une hausse du BTT avec la possession du permis de conduire et une relation ambiguë avec le taux de motorisation. Comme le rappellent Mokhtarian et Chen (2004), les relations obtenues par les différentes études entre budget-temps de transport et l'équipement automobile sont souvent significatives, mais de sens opposé.

⁷¹ Le revenu a été enquêté uniquement dans les EMD récentes.

Tableau II-14 : Budgets-temps de transport selon la possession du permis de conduire et selon le taux de motorisation du ménage

	Permis	Pas de Permis	Non motorisé	1 VP	2 VP	3 VP	4 VP et +
Berne 1994	77.06	71.07	74.47	75.62	74.43	68.41	90.83
Berne 2000	88.11	80.91	83.93	86.88	88.48	.	.
Grenoble 2001	82.19	68.95	76.89	85.33	74.77	73.01	.
Grenoble 1992	70.25	61.02	71.91	65.05	69.03	66.48	61.40
Genève 1994	86.87	74.16	98.11	83.95	75.09	57.67	96.25
Genève 2000	88.29	77.75	79.50	84.29	93.68	.	.
Lyon 1985	73.79	60.08	68.81	67.85	68.19	70.76	72.74
Lyon 1995	85.81	68.71	78.87	77.76	82.49	90.16	84.16
Rennes 2000	77.92	53.83	71.89	79.58	79.50	59.20	.
Rennes 1991	62.22	50.11	57.85	58.46	57.45	60.33	52.39
Strasbourg 1988	72.51	69.47	72.07	71.52	71.35	71.60	.
Strasbourg 1997	83.88	68.98	80.56	77.51	77.86	87.48	80.04
Zurich 1994	87.33	75.90	84.05	81.33	85.05	114.08	119.00
Zurich 2000	89.41	84.39	86.03	87.17	93.25	.	.

4. Les variations en termes de programmes d'activités

Avec le développement des analyses orientées sur les activités, les études des budgets-temps des activités se sont multipliées. Il en résulte une multitude de résultats relatifs aux durées de déplacement. Les relations entre les temps de transport et les durées des activités associées sont étudiées selon de nombreuses approches. Le budget-temps de transport quotidien est relativement peu étudié directement en relation avec les autres activités. Le plus souvent, il est décomposé en durées de déplacement par motif à destination ou en durées de déplacement quotidien selon le type d'activité associée. Face au nombre important d'études orientées sur les activités et traitant les durées de déplacement, la revue des effets des attributs des activités, présentées dans le tableau A-5 de l'annexe, ne peut prétendre à l'exhaustivité.

De façon générale, les effets constatés des durées d'activités semblent similaires entre les différentes études. Kitamura et al. (1992) obtiennent un signe négatif associé à la durée de travail, semblant indiquer que plus l'individu accorde de temps au travail, moins il consacre de temps aux autres activités. Lu et Pas (1999) et Principio et Pas (1999) ont observé que le temps de transport augmente avec le temps alloué aux activités hors-domicile et diminue avec le temps passé à domicile. Ici, nous n'avons pas l'information relative au temps à domicile. Nous observerons dans la partie 3, que nous obtenons uniquement des effets positifs sur le budget-temps de transport des durées quotidiennes des activités discrétionnaires hors-domicile (les motifs : achat et loisir).

Ces éléments relatifs aux attributs des programmes d'activités seront traités dans la partie 3, consacrée à l'approche de la mobilité par les activités.

Conclusion

Comme le montre la confrontation des résultats obtenus sur différentes agglomérations, les multiples relations existantes ne permettent pas de déterminer des relations de causalité stricte sur le budget-temps de transport. Seules certaines régularités hypothétiques peuvent être émises et testées, telles que l'effet positif de la motorisation ou du revenu, ou les effets de l'âge, du genre, du statut professionnel, etc. Plusieurs de ces relations sont retrouvées dans l'analyse désagrégée menée à l'aide d'un modèle de durées dans la partie 3.

Enfin, les effets des variables sont identifiés à partir de la comparaison de situations individuelles au sein d'agglomérations. Les effets contradictoires de certaines variables proviennent logiquement de la comparaison de situations différentes avec des méthodes différentes. De plus, nous retrouvons là les limites de l'analyse en séries croisées. En effet, les ajustements marginaux sont déterminés par la distribution des budgets-temps de transport étant donnée la structure de la population. Ils sont donc susceptibles d'être modifiés avec les variations de la structure de la population dans le temps et entre agglomérations.

Ces différentes relations illustrent un certain nombre de mécanismes intervenant dans la relation de coproduction entre l'organisation urbaine et la mobilité et d'autres constituant des éléments de compréhension des comportements de mobilité. Mais, de façon plus générale, le pouvoir de représentation de la moyenne est aussi sévèrement malmené.

Conclusion de la partie 2

A partir de l'observation de ces nombreuses régularités, certains mécanismes semblent se dégager et être compris comme le résultat de certains « ajustements » des comportements de mobilité.

A structure de population fixée, le budget-temps de transport moyen peut être perçu comme le résultat de la compensation des temps de transport des groupes définis selon, par exemple, le nombre de déplacements quotidiens, les motifs de déplacement, les modes de transport, les statuts professionnels, la motorisation, etc. A partir de ces segmentations, un certain nombre de compensations sont identifiées entre des sous-groupes complémentaires d'individus.

De façon générale, les analyses des budgets-temps de transport ont illustré des phénomènes d'ajustement qui interviennent au niveau des trois dimensions de la mobilité suivantes (Kaufmann, 1999) : les déplacements, les activités et les lieux d'activité. Pour ces trois dimensions nous pouvons exprimer les budgets-temps de transport comme :

$$BTT = \sum_i (\text{Nombre de déplacements pour } i) \times (\text{durée moyenne par déplacement pour } i)$$

où l'indice i marque selon les dimensions : l'ensemble des modes de déplacement, l'ensemble des motifs de déplacement, l'ensemble des destinations des déplacements. La plupart des mécanismes d'ajustement des trois dimensions est basée sur le mécanisme basique suivant lequel, si la durée moyenne par déplacement est augmentée, alors pour maintenir un budget-temps de transport stable, le nombre de déplacements doit être réduit. Inversement, une réduction du temps moyen d'un déplacement permettra un plus grand nombre de déplacements pour un même budget-temps de transport.

C'est ce que Purvis (1994) observe pour la baie de San Francisco. Parallèlement à une relative stabilité du budget-temps de transport moyen par personne, par mobile (au moins 1 déplacement motorisé) et par véhicule entre 1965, 1981 et 1990, le nombre moyen de déplacements par personne se réduit et la durée moyenne par déplacement s'allonge.

1. L'ajustement par les déplacements vers une gestion paradoxale des temps de transport

Les premiers mécanismes régulateurs de la mobilité quotidienne sont ceux liés aux déplacements. Pour palier à une hausse du budget-temps de transport induite par la modification des vitesses, par la congestion ou des modifications des localisations les moins ajustables à court terme (lieu de travail et de résidence) des ajustements sont proposés à partir des caractéristiques des déplacements. Les leviers majeurs de cette dimension sont la vitesse et le nombre de déplacements selon les modes de déplacement, les horaires de déplacement, ou encore l'enchaînement des déplacements.

La décomposition du budget-temps de transport moyen en temps de transport par mode fait apparaître les compensations qui existent entre les modes. Schafer (2000) illustre le transfert modal qui s'opère au fil du temps des modes lents (les modes non-mécanisés) vers les modes rapides (l'automobile). La substitution modale semble motivée par l'accession à des vitesses plus rapides associées à des distances parcourues plus grandes. Sous l'hypothèse de stabilité des budgets-temps de transport, tout semble se passer comme si les gains de temps qui sont dégagés par les nouvelles vitesses plus rapides sont directement réinvestis en transport pour accroître les distances parcourues.

Par ailleurs, cet effet des vitesses sur les distances parcourues est observé malgré le non-respect de la stabilité des temps de transport. En effet, Prendergast et Williams (1981) font apparaître la croissance du budget-temps de transport du mode le plus lent au mode le plus

rapide. Ainsi, l'accès aux modes rapides conduit à parcourir de plus grandes distances, mais les auteurs identifient clairement l'effet positif de la disponibilité d'une voiture sur le budget-temps de transport.

Enfin, des ajustements des comportements de mobilité au niveau des horaires de déplacement sont aussi attendus, notamment dans le but d'éviter les horaires de pointe (Hamed et Mannering, 1993 ; Ma et Goulias, 1998). Ou encore, l'optimisation de l'ensemble des déplacements quotidiens conduisant à des boucles de déplacements de plus en plus complexes semble permettre le maintien du budget-temps de transport.

Ce qui est illustré par notre analyse (tableau II-2 et tableau II-3) est une hausse des trois indicateurs de mobilité. En effet, pour chaque ville, et dans chaque ville, pour chacune des zones, les budgets-temps de transport, les nombres de déplacements et les temps de transport par déplacement semblent croissants entre les deux dates d'observation. Par ailleurs, le partage modal évolue au détriment des transports collectifs, et en faveur du mode *a priori* plus rapide : l'automobile. Il en résulte une illustration de la *gestion paradoxale des gains de temps* (Crozet et Joly, 2005). La hausse des vitesses de circulation permise par une généralisation de l'usage de l'automobile, ne permet pas de réduire les budgets-temps de transport, ni même de les maintenir. La hausse constatée semble provenir, à la fois d'une durée par déplacement croissante, mais aussi d'une augmentation du nombre de déplacements. En ce sens, nous retrouvons l'intuition de Prendergast et Williams (1981), selon laquelle, la disponibilité d'une voiture a un effet positif sur le budget-temps de transport. C'est aussi ce qui est constaté pour certaines villes, dans la partie précédente, analysant les budgets-temps de transport selon le niveau de motorisation (cf. tableau II-14).

2. L'ajustement par les programmes d'activités

La compétition entre les activités pour la ressource rare du temps est un processus clé de la compréhension du comportement de mobilité. Les contraintes qui pèsent sur l'individu doivent être prises en considération afin de rendre compte de ses priorités et de ses choix. Il est nécessaire de mettre au même niveau les dépenses, le temps, la durée des activités et les contraintes temporelles pour comprendre les choix de transport.

Les contraintes sur les activités sont :

- liées aux localisations : elles doivent avoir lieu en un endroit précis et accessible selon les modes de transport à disposition. Sur le long terme, les choix de localisation sont en partie régis par la question de l'accessibilité à l'ensemble des activités recherchées par les individus. Les localisations représentent alors à la fois une contrainte, à court terme, et l'expression d'une orientation des choix de participation aux activités.
- liées au temps : elles doivent s'inscrire dans le programme d'activités de 24 h et certaines doivent avoir lieu à un moment précis, éventuellement concordant avec l'emploi du temps d'autres personnes.

Il semble alors naturel d'observer une corrélation positive entre le temps de transport et la durée d'activité à destination (Hamed et Mannering, 1993 ; Kitamura et al., 1992, 1998 ; Goulias et al., 1998 ; Levinson, 1999). Etant donnée la concurrence pour le temps entre les activités et le transport, cette corrélation peut s'expliquer par le fait que le temps de transport est un coût de l'engagement d'une activité. Ce coût doit être compensé par l'utilité du temps consacré à une activité. En conséquence, un temps d'activité long pourra compenser un temps de transport long. De plus, il paraît raisonnable de supposer que l'utilité d'une activité est croissante avec sa durée et que les chances de trouver une activité ou une destination plus attractive sont croissantes avec la distance parcourue. Les activités associées à des temps de transport longs sont donc susceptibles d'être des activités dont l'utilité nette du transport est

supérieure à celles des autres activités. Ainsi à temps de transport égal, la durée des activités renseigne sur la valorisation du temps consacré à chaque activité. Pour un temps de transport long, une activité courte révélera sa forte valorisation ou la forte contrainte de sa réalisation.

Un processus d'adaptation des programmes d'activités découle alors directement de cette gestion des temps de transport et d'activité. L'allongement de la durée de transport d'une activité fortement contrainte ou valorisée, telle que le travail, résultera en la réduction du temps disponible pour les autres activités et le transport associé. Les activités obligatoires constituent alors des points fixes dans les programmes d'activités. Ce qui explique notamment la concentration de certaines études sur le temps de trajet domicile-travail. Pour assurer la stabilité du budget-temps de transport, les activités seront déterminées en fonction du temps de transport restant et de la valorisation du temps qui leur sera consacré.

A l'inverse, si le temps de transport associé aux activités obligatoires est réduit, de nouvelles activités vont apparaître dans les emplois du temps, par ordre de valorisation. Etant donné les gains de vitesse observés, les temps de transport au travail ont pu être réduits et logiquement les activités de loisir sont les plus susceptibles d'apparaître. La part du temps de transport pour le loisir augmente alors dans la composition du budget-temps de transport.

L'observation de Schafer (2000), selon laquelle, le motif loisir est associé aux temps de transport les plus élevés, alors que le motif travail est associé aux temps de transport les plus faibles semble indiquer un ordre de préférence entre les activités. Et ce d'autant plus que ces temps de transport par motif hors-travail sont relativement stables quelle que soit la distance parcourue. Quant à elle, la croissance du temps de transport pour le travail et l'éducation avec la distance semble indiquer que le temps de trajet pour le travail est, à court terme contraint par les localisations.

3. L'ajustement par les localisations

A court terme, le lieu des activités hors-travail peut être modifié pour respecter la stabilité du budget-temps de transport, soit par un rapprochement ou un éloignement des lieux d'activité. La fréquentation de lieux plus proches du domicile peut compenser la hausse du temps de transport d'autres activités. A l'inverse, avec une relâche de la contrainte temporelle par les vitesses accrues, l'espace-temps des activités accessibles s'étend, les lieux d'activité peuvent s'éloigner en maintenant le budget-temps de transport stable. Ainsi, étant donnée la localisation résidentielle et le lieu de travail, fixés à court terme, l'ajustement en termes de localisations est réalisé sur les activités hors-travail. Il en résulte une certaine stabilité des temps de trajet pour les différents motifs hors-travail par rapport aux distances parcourues. Et le temps de trajet pour le travail est directement dépendant du choix de localisation résidentielle.

A plus long terme, le respect de la constance peut devenir la motivation de la mobilité résidentielle lorsque la durée du déplacement vers le lieu de travail excède un certain seuil. Ce mécanisme de relocalisation rationnelle est notamment identifié par Levinson et Kumar (1995) dans les villes de Washington et les Twin-Cities, où les localisations semblent converger vers les axes rapides de circulation. En parallèle, sur le long terme, une amélioration généralisée des vitesses est constatée. La mobilité résidentielle ne répond donc pas à une hausse du temps de trajet pour le travail, mais à un élargissement de l'espace des localisations résidentielles potentielles. Dans le choix de localisation résidentielle, un arbitrage est réalisé entre le temps d'accès au lieu de travail et les activités accessibles étant donné le temps de transport restant ou acceptable. Selon la qualité des activités proches du domicile, la mobilité domicile-travail peut être la variable d'ajustement en réponse à une modification des localisations contraintes. Ainsi, un changement de lieu de travail ne

provoquera pas un déménagement, mais de nouveaux déplacements. La mobilité quotidienne bénéficiant de vitesses plus rapides se substitue à la mobilité résidentielle (Kaufmann, 1999).

Enfin, l'analyse des choix de localisations résidentielles et de choix de transport fait clairement apparaître l'arbitrage des ménages entre les dépenses monétaires de logement et les dépenses de transport (Pollachini et Orfeuil, 1999). En définitive, la gestion du temps de la mobilité est conditionnée dans le long terme par le choix de localisation résidentielle. Ce dernier met en concurrence les coûts de logement, les coûts de la mobilité des activités obligatoires et contraintes dans leur localisation et la valorisation des activités discrétionnaires accessibles étant donnés les budgets de mobilité restants.

L'intégration d'éléments spatiaux dans l'analyse nous a conduit à émettre quelques hypothèses de mécanismes de compensation. C'est notamment le cas de l'impact des politiques de transports urbains. Toutefois, la validation statistique de ces ajustements restent difficile en l'absence de système de données intégrant une caractérisation spatiale suffisamment fine. L'un des résultats de notre analyse des zones centrales, suburbaines et périurbaines des mobilités est aussi la faiblesse d'une telle agrégation spatiale. Il apparaît clairement nécessaire de développer cette voie dans un futur prolongement de cette recherche.

PARTIE 3

Temps de transport et temps d'activités

I. Le choix d'une approche de la mobilité : l'approche par les activités

L'approche par les déplacements (*trip-based approach*) et l'approche par les activités (*activity-based approach*) constituent les deux principales orientations de la modélisation de la mobilité, et donc des temps de transport. La différence fondamentale entre ces approches réside dans la compréhension et la représentation du temps (Pas, 1996 ; Pas et Harvey, 1997). Dans l'approche par les déplacements, le temps est réduit au simple coût d'un déplacement. L'approche par les activités considère le temps comme une entité à part entière, une dimension particulière du comportement intervenant dans les choix individuels en matière de participation aux activités et de déplacements (Kurani et Lee-Gosselin, 1997). L'idée centrale de cette approche est que le programme d'activités de l'individu résulte de ses décisions en termes d'usage du temps. Les individus disposent de 24 heures par jour et décident comment les utiliser entre les activités et le transport en fonction d'un ensemble de plusieurs contraintes relatives à l'organisation de la coprésence des individus en un même lieu et un même moment ou relatives à des contextes socio-économiques, aux localisations des opportunités et au système de transport. Dans ce cadre, « *le transport est l'un des multiples attributs d'une activité* »⁷².

Cette approche postule donc que le transport est une demande dérivée du besoin de participer à des activités dispersées dans l'espace. Les approches par les activités « partagent une perspective commune, où l'approche conventionnelle de l'analyse des comportements de mobilité [...] est remplacée par un cadre plus riche et holistique, dans lequel le transport est compris comme le résultat quotidien, ou sur une plus longue période, des comportements liés et dérivés des différences dans la population en termes de styles de vie et de programmes d'activités »⁷³. « Les choix de mobilité sont donc fondés sur les activités, et la compréhension des comportements de mobilité est secondaire par rapport à une compréhension fondamentale du comportement d'activité. »⁷⁴.

Cette approche a pour objectif de résoudre une partie des déficiences des modèles traditionnels fondés sur les déplacements qui ne reflètent pas : a) les liens entre déplacements et activités, b) les contraintes temporelles et les dépendances vis-à-vis de l'organisation des activités, c) le comportement d'activités sous-jacent qui génère la mobilité (Pas, 1996 ; McNally, 2000).

Malgré les liens indiscutables entre la demande de participation aux activités et la demande de transport, une grande partie des modèles de choix de transport supposent que la plupart des aspects de la demande d'activités est exogène. Or, dans la mesure où elles constituent les motivations des déplacements, on ne peut supposer qu'elles resteront stables et n'interviendront pas dans les choix de transport. C'est pourquoi les modèles conventionnels basés sur les déplacements ne parviennent pas à intégrer la hausse de la demande de mobilité générée par l'amélioration de l'accessibilité ou du niveau de service des systèmes de transport (Golob, 1998). Pour les mêmes raisons, ces modèles semblent inappropriés pour évaluer l'impact, par exemple, des télécommunications sur les niveaux de transport (Kitamura, 1991).

La croyance fondamentale de l'approche par les activités est que les choix de transport sont dictés par une collection d'activités qui forment un emploi du temps et qui, de fait, ne peuvent être analysés sur la seule base des déplacements. Le processus de choix associé à une décision de transport spécifique ne peut être comprise et modélisée sans tenir compte du contexte de

72 McNally, (2000), p. 56.

73 Jones et al. (1990), p. 34.

74 McNally, (2000), p. 57.

l'ensemble de l'emploi du temps. Dans cette perspective, les modèles conventionnels fondés sur les déplacements sont des cas particuliers de l'approche par les activités.

En plus de la nature dérivée du transport, d'autres thèmes caractérisent les recherches des approches par les activités, parmi lesquels : l'organisation ou l'enchaînement des activités, les contraintes spatio-temporelles et interpersonnelles intervenant dans les choix d'activités et de transport, les interdépendances entre décisions d'activités et celles de transport sur une journée ou une période plus longue, comme entre les personnes et la structure du ménage et les rôles joués par les membres du ménage (Pas, 1985 ; Jones et al., 1990).

L'orientation de la recherche sur les activités a procuré un rôle nouveau au temps, puisque la participation aux activités peut être vue comme une question d'allocation de temps. Le temps devient alors la variable dépendante de nombreux modèles. Tout d'abord, parallèlement au développement du rôle attribué au temps dans les analyses et les modélisations de la demande de transport, le temps a aussi gagné un rôle important dans la théorie microéconomique du consommateur. Comme le souligne Juster (1990), la théorie classique du consommateur a peu à peu glissé d'une vision où l'utilité provenait uniquement de la consommation de biens et de services, vers une théorie où les consommateurs font des choix d'allocation de temps (Juster, 1990 ; Ettema, 1996 ; Jara-Diaz, 2000). Ensuite, les économistes et les analystes des emplois du temps ont exploré la relation entre l'utilité ou la satisfaction procurée par une activité et sa durée. Des relations systématiques ont ainsi été révélées selon les types d'activités et les contextes de réalisation. Par exemple, Kitamura et al. (1996) montrent que les individus travaillant plusieurs jours par semaine allouent une plus grande proportion de leur temps hors-domicile aux activités discrétionnaires, que les individus travaillant seulement quelques jours par semaine. Ils montrent aussi que le temps alloué aux activités à domicile est croissant avec la durée du déplacement domicile-travail. Par ailleurs, Kraan (1996) et Bhat et Misra (1999) ont montré que le temps alloué aux activités discrétionnaires est affecté par les caractéristiques socio-économiques et démographiques du ménage et des individus. Pour une revue de la littérature concernant le développement des approches par les activités, le lecteur pourra consulter Jones (1990), Pas (1996), Ettema et Timmermans (1997), Bhat et Koppelman (1999).

De façon générale, les études des emplois du temps s'orientent dans deux directions : a) les études de l'allocation du temps aux activités et b) l'analyse des « épisodes » d'activités (Bhat et Koppelman, 1999). Une activité est constituée de l'ensemble des épisodes (ou réalisations) d'une même activité sur une période de temps donnée (par exemple sur une journée ou une semaine). Et chaque réalisation discrète d'une activité correspond à un épisode d'activité. Les études de l'allocation des temps aux activités classent ces dernières selon plusieurs grandes catégories et examinent l'allocation de temps à ces types d'activités selon les caractéristiques socio-économiques du ménage ou des individus. Pour la plupart, elles ignorent le contexte de réalisation des activités. A l'opposé, les analyses des épisodes d'activités considèrent l'horaire de réalisation de l'activité, la séquence dans laquelle elle s'inscrit, la durée de chaque épisode, la localisation de l'activité et les personnes rencontrées ou non durant l'épisode.

Selon cette distinction, la suite de notre analyse des budgets-temps de transport quotidiens pourra s'orienter dans deux directions. Tout d'abord, les budgets-temps de transport quotidiens seront étudiés en tant que sommes des durées des déplacements quotidiens. Les dépenses temporelles quotidiennes pour la mobilité seront alors mises en relation, d'une part, avec les structures urbaines, les systèmes de transport et les politiques de transport et les politiques urbaines menées dans les différentes agglomérations. D'autre part, dans le cadre d'une analyse désagrégée, les budgets-temps de transport quotidiens seront analysés en tant qu'éléments des programmes d'activités. Leurs relations avec les autres activités seront notamment explorées. Ensuite, les budgets-temps de transport pourront être décomposés selon

différentes segmentations. Les temps de trajet par déplacement ou encore les durées de déplacements selon les motifs de déplacement (la nature des activités menées à destination) pourront être étudiés. Un intérêt particulier sera porté aux poids relatifs des différents motifs de déplacement dans le budget-temps de transport quotidien et notamment aux durées de déplacements des chaînes d'activités entre le domicile et le travail.

1. Budget-temps de transport et budgets-temps des activités

Dans les années 1990, la recherche en transport s'oriente peu à peu vers les considérations temporelles de la mobilité. Ainsi, certaines études reviennent sur la notion de budget-temps de transport ou de temps par déplacement. Dans ce courant, Kitamura et al. (1992) initient une recherche de proportionnalités entre les temps d'activités⁷⁵ et le temps total disponible. Pour cela, ils proposent une actualisation du paradigme de « l'allocation proportionnelle de temps » de Beckman et Golob (1972). L'hypothèse testée est celle d'une régularité dans les parts du temps libre alloué aux activités quotidiennes. Il est recherché la proximité entre individus des ratios des budgets-temps des différentes activités, dont le transport, sur le temps disponible, calculé comme 24h réduites du temps de travail. Ce test est mené par Kitamura et al. (1992) à partir d'enquêtes californiennes et néerlandaises sur les emplois du temps.

Une partie des résultats indique notamment, que la proportionnalité n'est pas soutenue par l'estimation pour les activités non-transport. Cependant, la proportionnalité par rapport au temps disponible est recherchée pour les temps de transport quotidiens, les durées des trajets domicile-travail et les durées de transport pour des activités non-travail. Le temps de travail est introduit aux côtés des variables socio-économiques pour l'estimation de ces proportionnalités. Il apparaît que la durée du trajet domicile-travail est positivement corrélée avec la durée de travail. Les budgets-temps de transport quotidiens ne sont pas stables, notamment en raison des variations des durées des déplacements pour des motifs non-travail.

Mais, la stabilité de la proportionnalité du temps de transport par rapport au temps total disponible après déduction du temps de travail, semble être assurée par l'ajustement des durées de transport pour d'autres motifs que le travail. En effet, une compensation semble s'opérer entre le temps de déplacement pour le travail et la durée des déplacements pour d'autres motifs.

Sur le même principe d'un ratio de temps de transport par rapport à un temps d'activité, Dijst et Vidakovic (2000) et Schwanen et Dijst (2002) se concentrent sur la relation de proportionnalité entre le temps de transport et la durée de l'activité associée. Ils proposent la théorie du « ratio du temps de transport ». Selon cette proposition, les individus arbitrent entre le temps de trajet et le temps de l'activité à destination. Le ratio des temps de transport sur la somme du temps d'activité et de la durée de l'activité reflète alors cet arbitrage (Dijst et Vidakovic, 2000). Les individus accèdent alors aux activités dont la localisation satisfait un ratio de temps de transport de niveau acceptable. Les auteurs se concentrent sur la relation entre la durée de travail et le temps de trajet domicile-travail à partir de l'enquête nationale des Pays-Bas de 1998. Le ratio de temps de trajet pour le travail est de 0,105 et la médiane est de 0,085. La majorité des individus ont donc un ratio inférieur à 10%. L'ensemble de leurs résultats illustre la relative stabilité du ratio de temps de trajet pour le travail, par rapport aux variables socio-économiques et indique que les ratios sont plus élevés dans les zones périurbaines.

⁷⁵ Le temps d'activité est compris hors temps de transport associés.

a) Recherche d'une proportionnalité : entre les budgets-temps d'activité et le temps disponible

Suivant la proposition de Kitamura et al (1992), nous avons réalisé le test de proportionnalité des budgets-temps, par rapport au temps disponible (24h – temps de travail).

L'hypothèse testée est que les budgets-temps des activités (travail, achats, loisir et transport) sont des proportions fixes du temps disponible.

Formellement, le test est réalisé par l'estimation de la forme fonctionnelle suivante, estimée par Moindres Carrés Ordinaires, à partir de laquelle nous pouvons tester la valeur d'un coefficient estimé (Kitamura et al, 1992) :

$$\ln t_j = \theta \ln T + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \beta_3 \ln X_3 + \dots + \varepsilon$$

En effet, selon cette forme :

$$t_j = T^\theta X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \dots$$

le ratio des budgets-temps est une proportion fixe, si $\theta = 1$. Cette proportion pouvant être différente selon les attributs socio-économiques des individus, X .

Les régressions des logarithmes des budgets-temps des activités sont faites sur un vecteur de variables explicatives comprenant : le logarithme du temps disponible et les indicatrices pour le sexe, la classe d'âge, la taille du ménage, le jour de déplacement, la possession du permis de conduire, le nombre d'enfants, la zone de résidence, le statut professionnel, la CSP, le taux de motorisation, le nombre de déplacements, ainsi que des indicatrices pour le pays et la période.

Les résultats présentés dans le tableau III-1 indiquent que la proportionnalité n'est jamais retenue par les tests statistiques. La sélection des variables pour chaque régression est effectuée au moyen de la méthode Stepwise de sélection des variables significatives (Green, 1995). Les qualités d'ajustement sont particulièrement faibles, comme c'est souvent le cas pour des régressions sur les budgets-temps. Le meilleur ajustement de la régression du budget-temps de travail provient du calcul utilisé pour déterminer le temps disponible.

La valeur des statistiques de test et les *p-value* associées rejettent avec un fort niveau de significativité l'hypothèse de proportionnalité des budgets-temps des activités par rapport au temps disponible, quelle que soit l'activité (travail, loisir, achat ou transport). Contrairement aux résultats de Kitamura et al. (1992), les budgets-temps de transport ne semblent pas correspondre à une proportion fixe du temps disponible.

Tableau III-1 : Estimation des ratios des budgets-temps

	BT2/T	BT6/T	BT7/T	BTT/T
R²	0.6844	0.0901	0.1077	0.2382
N. de variables significatives	25	15	25	37
Statistique de test (P-Value du test)	84989.1 (<0.0001)	91.15 (<0.0001)	7.24 (0.0071)	617 (<0.0001)

b) Recherche d'une proportionnalité : entre budgets-temps de transport et budgets-temps d'activité

Afin de tester une version intermédiaire des propositions de « l'allocation proportionnelle de temps » et du « ratio du temps de transport », une seconde série d'estimations a été réalisée.

La proportionnalité entre le BTT et le BT d'activité a été testée en régressant le BTT sur le même ensemble de variables explicatives et le logarithme des budget-temps d'activités tour à tour.

L'estimation des ratios (tableau III-2) indique là aussi que la proportionnalité est rejetée. Les budgets-temps de transport ne sont pas des proportions fixes des budgets-temps d'activité.

Tableau III-2 : Estimation des ratios du budget-temps de transport sur les budgets-temps d'activité

BTT/	BTT/BT2	BTT/BT6	BTT/BT7
R²	0.2352	0.4330	0.2310
N. de variables significatives	39	33	34
Statistique de test (P-Value du test)	20707 (<0.0001)	99502 (<0.0001)	194676 (<0.0001)

La recherche d'une représentation simplifiée des dépenses temporelles de transport ne peut s'appuyer sur une pure stabilité des BTT. Nos résultats indiquent que le paradigme de la proportion fixe de temps alloué aux activités et au transport ne constitue pas une représentation adéquate.

Dans les parties suivantes, notre attention se porte sur les méthodes de modélisation des budgets-temps de transport. L'approche exploratoire économétrique semble pouvoir apporter certains résultats, en termes d'effet de différentes variables et dimensions explicatives, telles que les attributs socio-économiques des individus et des ménages, les caractéristiques des zones, les cycles temporels, etc.

2. Les quatre principaux modèles économétriques des durées d'activités

De manière générale, l'analyse des temps de transport et plus largement des temps d'activités a mobilisé de nombreuses méthodes quantitatives. Quatre techniques économétriques ont régulièrement été mobilisées afin d'analyser et d'estimer directement les durées d'activités et de transport : la régression linéaire simple ; les systèmes d'équations linéaires ; les modèles à choix discrets-continus ; et les modèles de durées (ou analyses de survie). Ce sont pour l'essentiel des méthodes quantitatives qui poursuivent deux types d'objectifs :

1. L'analyse d'un fait économique stylisé et sa confrontation aux données. C'est le cas, par exemple, de l'analyse de la distribution des budgets-temps de transport visant à mettre en évidence leur relative constance. Il en est de même de l'étude des ratios des temps de déplacement rapportés aux durées des activités poursuivies et de leur éventuelle stabilité. Ces analyses s'appuient pour la plupart sur les méthodes linéaires, qui permettent de spécifier simplement des relations et de tester celles-ci.
2. L'application d'une méthode d'analyse innovante visant à adapter l'outil économétrique à une particularité des données ou du fait économique étudié (modèles de choix discrets) ou à extraire des données une information nouvelle (modèles à équations structurelles ou modèles de durées).

Les modèles linéaires sont couramment utilisés pour l'estimation des durées de transport (temps de transport quotidien, durées quotidiennes de transport par type d'activités, durées de trajet par motif, etc.). En dépit des limites de cette méthode, ces études ont identifié et testé la robustesse d'un certain nombre de faits stylisés notables de l'analyse des budgets-temps de transport. Par exemple, Kitamura et al. (1992) ont testé l'hypothèse de proportionnalité entre les temps de transport et le temps total disponible. Levinson et Kumar (1995) ont mis en évidence la rationalité des localisations par rapport aux infrastructures de transport. Levinson (1999) montre l'effet positif des durées d'activités sur les durées de déplacement. Timmermans et al. (2002) proposent une analyse internationale de l'allocation des temps aux activités et comparent les temps de transport moyens par déplacement pour chaque type d'activités. Kitamura et al. (2003) testent la significativité des variations des coefficients des régressions des temps de transport quotidiens observés en 1970, 1980, 1990 et 2000 dans la région métropolitaine de Kei-Han-Shin.

Une première limite des modèles linéaires est le biais résultant du grand nombre de durées d'activités nulles. Cette forme de censure nécessite l'estimation de modèles de choix discret-continu. A notre connaissance, les méthodes de choix discrets ne sont pas utilisées pour modéliser les budgets-temps de transport (sous forme d'intervalle). Mais, ils ont été développés pour l'analyse des programmes d'activités. Le modèle de Damm (1982) ouvre la voie des modèles de choix discrets-continus appliqués à l'analyse des programmes d'activités. Il estime par un modèle discret (probit binaire) la participation aux activités selon cinq périodes de temps discrètes définies relativement au domicile et au lieu de travail : avant le trajet pour le travail ; le trajet domicile-travail ; la période de travail ; le trajet de retour du travail ; après le retour du travail. Puis, un modèle continu estime la durée de l'activité durant chaque période discrète. Par la suite, la modélisation des choix discrets-continus de participation et de durées d'activité s'orientent vers les modèles Tobit, présentés dans la partie précédente.

Par ailleurs, les durées des différentes activités sont très certainement liées dans un système de causalités multiples et réciproques. Tout d'abord, il peut être supposé que les durées modélisées subissent les effets communs de variables inobservées. Dans le cas où les variables explicatives sont exogènes, mais une corrélation apparaît entre équations au travers des résidus, le système d'équations est appelé un système SURE (*Seemingly Unrelated Regression Equations*, Zellner, 1962). Ce système d'équations fait intervenir des covariances inter-résiduelles non-nulles. Il peut donc être estimé par la méthode des moindres carrés quasi-généralisés (MCQG) itérés⁷⁶. Chen et Mokhtarian (2005) ont appliqué un modèle de ce type à l'estimation de l'allocation de temps, en termes de parts relatives du temps disponible.

Ensuite, une structure causale entre les durées peut être définie par la méthode des modèles à équations structurelles. Elle permet l'estimation simultanée d'un système d'équations dans lesquelles les endogènes sont présentes parmi les régresseurs des autres équations. Ce type de modèle se révèle utile dans la modélisation de relations complexes entre de multiples dimensions, telles que les caractéristiques socio-économiques, les activités et la mobilité. La participation aux activités et la mobilité peuvent être modélisées dans un cadre qui capture (1) les relations directes entre la demande d'activité et le besoin de mobilité correspondant, (2) les interrelations entre la participation à différentes activités, (3) les rétroactions des temps de transport sur les temps d'activités, étant données les caractéristiques individuelles et du ménage. Golob (1990b, 2003) propose une revue détaillée des modèles à équations structurelles et leurs applications en transport. D'une part, ces modèles sont applicables à l'étude des relations entre activités. Des études des causalités entre les temps de transport et

76 Berndt (1996), chap. 9 et Greene (1997), chap. 15.

les temps d'activités montrent que les durées des activités sont plus probablement endogènes qu'exogènes, dans le sens où elles peuvent être en partie déterminées par le temps de transport (Golob et McNally, 1997 ; Ma et Goulias, 1998 ; Lu et Pas, 1999 ; Golob, 2000 ; Kuppam et Pendyala, 2001). D'autre part, les systèmes d'équations sont la base de nombreux modèles de l'interaction entre les membres d'un ménage, qui impliquent l'estimation jointe de multiples variables de choix continu (Ettema et al., (2004) ; Schwanen et al. (2004) ; Gliebe et Koppelman (2002) ; Simma et Axhausen (2001) ; Fujii et al. (1999) ; Golob (1998)). Dans ce cas, les modèles estimés font apparaître les interrelations entre les équations pour chaque membre du ménage. Cette étude des interactions entre les membres d'un ménage fait référence à la répartition des tâches et à la négociation de l'allocation des temps entre membres du ménage.

Enfin, l'ensemble de ces méthodes économétriques repose sur l'hypothèse de normalité de la distribution des résidus. Or, dans la mesure où des mécanismes particuliers peuvent caractériser le processus temporel générant les durées observées, l'hypothèse de la normalité doit être relaxée. Les modèles de durées proposent un ensemble de méthodes d'estimation qui permettent, soit de ne faire aucune hypothèse sur la distribution des durées (l'estimation non-paramétrique), soit de spécifier une distribution particulière autre que la distribution normale (l'estimation paramétrique). Ils constituent par conséquent un outil particulièrement adapté pour l'analyse des durées d'activités. Notre analyse désagrégée des budgets-temps de transport s'appuiera sur cette méthodologie, qui n'a pas encore été appliquée aux budgets-temps de transport quotidiens.

L'application des modèles de durées en transport est relativement récente (début des années 1990). Nous proposons dans la partie suivante une revue des applications des modèles de durées à l'étude des programmes d'activités.

3. Les modèles de durées appliqués aux programmes d'activités

La compréhension des modèles de durées nécessite l'appréciation du concept de dynamique temporelle du processus étudié. Cette dynamique fait référence à la probabilité conditionnelle d'interruption à une date donnée t , sachant que le processus a duré jusqu'à cette date (aucune interruption n'est apparue avant t). Le concept reconnaît que la vraisemblance de l'interruption d'une activité dépend de la durée déjà écoulée⁷⁷. L'exemple classique est la modélisation de la probabilité qu'un individu trouve un emploi à la date t , sachant qu'il était sans emploi jusqu'à cette date t . Un parallèle simple peut aussi être fait avec la modélisation des durées de vie et les concepts démographiques, tels que le taux de mortalité pour un âge donné.

a) Les modèles de durées en transport

Initialement développés en biométrie et ingénierie industrielle, les modèles de durées (ou analyses de survie) ont été appliqués dans le champs des transports dans de multiples directions. Hensher et Mannering (1994) et Bhat (2000) présentent des revues détaillées des applications des modèles de durées au champs des transports :

- l'analyse des accidents de la route (Jovanis et Chang, 1989 ; Mannering, 1993 ; Nam et Mannering, 2000),

⁷⁷ D'autres types de dépendances peuvent être spécifiés par rapport aux états initiaux et terminaux du processus, ou aux durées des réalisations précédentes (Heckman et Borjas, 1980 ; Wrigley, 1986 ; Hensher et Mannering, 1994). Mais elles ont relativement peu été explorées par la recherche sur les activités.

- le comportement de motorisation et la durée avant le remplacement d'un véhicule (Mannering et Winston, 1991 ; Gilbert, 1992 ; DeJong, 1996 ; Hensher, 1998 ; Yamamoto et al., 1999),
- l'écoulement du trafic automobile (Paselk et Mannering, 1994),
- la durée d'acceptation d'un péage (Hensher, 1997),
- la durée du report d'un déplacement en vue d'éviter la congestion sur le trajet travail-domicile (Mannering et Hamed, 1990)
- la durée de stationnement des véhicules (Ponnaluri, 1995).

L'analyse des programmes d'activités par les modèles de durées se concentre sur :

1. le temps passé à domicile entre les activités générant des déplacements (Hamed et al., 1992 ; Hamed et Mannering, 1993 ; Mannering et al., 1994),
2. les durées des activités hors-domicile (Bhat, 1996a ; Niemeier et Morita, 1996 ; Kitamura et al., 1997a ; Yee et Niemeier, 2000 ; Timmermans et al., 2002 ; Schwanen, 2004 ; Srivinasan et Bhat, 2005),
3. les durées avant la réalisation d'une activité, qui informent sur les choix d'horaires (Wang, 1996 ; Bhat et Steed, 2002),
4. les durées d'activités et les probabilités de transition d'une activité à une autre (Ettema et al., 1995 ; Bhat, 1996b ; Ma et Goulias, 1998 ; Popkowski Leszczyc et Timmermans, 2002),
5. les temps écoulés entre deux occurrences d'une même activité (Schönfelder et Axhausen, 2001 ; Bhat et al., 2003, 2004a, 2005),
6. la durée entre la planification et l'exécution d'une activité (Mohammadian et Doherty, 2004).

Le tableau A-6 de l'annexe synthétise les études mentionnées dans la revue de la littérature des modèles de durées appliqués à l'analyse des programmes d'activités.

b) Modèles de durées et durées d'activité

(1) Durées à domicile entre deux activités hors-domicile

Dans une série d'études, Mannering et son équipe étudient la durée à domicile entre deux activités générant des déplacements. Les modèles de durées sont appliqués à l'estimation de la durée passée à domicile par un individu après son retour du travail et avant une nouvelle sortie du domicile. Cette durée définit la fréquence de la participation à des activités hors-domicile, donc la propension des individus à mener une activité hors-domicile. Ainsi, Hamed et Mannering (1993) appliquent un modèle de Weibull et Mannering et al. (1994) et Hamed et al. (1992) appliquent des modèles de Cox.

Hamed et Mannering (1993) analysent les emplois du temps après le travail des individus selon plusieurs directions : (1) la participation à une activité hors-domicile après le travail ou non, (2) la durée du déplacement travail-domicile, (3) le choix du type d'activités poursuivies après le travail, (4) l'interaction entre le temps de trajet et la durée de l'activité poursuivie, (5) la durée de l'activité poursuivie après le travail. Des méthodes différentes sont mises en œuvre pour l'estimation de ces choix. Ainsi, un modèle logit binaire estime le choix de participation à une activité hors-domicile après le travail. La modélisation des temps de trajet travail-domicile est réalisée par un modèle linéaire logarithmique. Un modèle logit multinomial est estimé pour représenter le choix du type d'activités. Un modèle d'équations structurelles est utilisé pour estimer simultanément le temps de trajet et la durée de l'activité poursuivie. Enfin, un modèle de durées à hasards proportionnels estime les durées passées à domicile après le travail. Il indique que la probabilité de poursuivre une activité hors-domicile

est affectée par les caractéristiques socio-économiques et l'horaire d'arrivée au domicile. L'effet négatif de l'âge réduit la probabilité de quitter le domicile après le retour. Le nombre d'enfants accroît cette probabilité, indiquant une mobilité plus forte pour les ménages avec enfants. Un retour à domicile avant 14h augmente la probabilité de participer à une nouvelle activité hors-domicile.

Mannering et al. (1994) modélisent les durées passées à domicile entre deux activités hors-domicile. Pour chaque année d'observation (1989 et 1990), cette durée est estimée par un modèle de Cox à hasards proportionnels. Par ailleurs, les auteurs testent la stabilité des relations identifiées entre les deux années. En plus des effets des variables socio-économiques et des attributs du système d'offre de transport, les variables relatives aux horaires de retour à domicile et les variables relatives aux habitudes individuelles se révèlent influentes. Le modèle est instable entre les deux dates d'observation. Du fait de la structure des données (enquêtes sur deux jours et deux années), les variations ne peuvent être attribuées aux variations quotidiennes ou aux modifications des habitudes ou des goûts des individus.

(2) Durées des activités hors-domicile

Niemeier et Morita (1996) développent un modèle pour la durée de différents types d'activités (les achats, les affaires personnelles et le loisir) en analysant la différence homme / femme en matière d'allocation des temps. La base de données utilisée, *Puget Sound Transportation Panel survey* est constituée des deux vagues d'enquêtes (1989-1990) menées dans l'aire métropolitaine de Seattle-Tacoma sur des déplacements effectués durant deux jours de semaine. L'analyse est construite en deux temps. Tout d'abord, une analyse non-paramétrique des durées d'activités est menée. Elle indique les différences significatives d'allocation pour les durées d'achats. Les auteurs ne trouvent pas de différence entre hommes et femmes pour les durées des temps libres ou des affaires personnelles. Le genre est une variable significative du modèle pour cette durée d'activité et indique que les femmes tendent à avoir des durées d'achat plus longues. Ensuite, un modèle semi-paramétrique de Cox est estimé pour décrire les durées d'achats selon le genre. Il indique l'influence des caractéristiques socio-économiques et des attributs de la mobilité.

Yee et Niemeier (2000) estiment par quatre modèles de Cox les durées d'activités de visite, les durées d'activités sociales, les durées de loisir et celles d'affaires personnelles. Les données utilisées (*Puget Sound Transportation Panel survey* 1989-1993) constituent un panel des programmes d'activités observés en quatre dates. La spécification du modèle de Cox est contrôlée, notamment par les tests de proportionnalité des hasards pour les quatre types d'activités. Les auteurs se concentrent uniquement sur la stabilité des coefficients et ne spécifient pas la dynamique temporelle des durées d'activités. Les résultats montrent l'instabilité dans le temps des relations entre les durées d'activités et les variables explicatives utilisées. Lorsqu'elles sont incluses dans les modèles, les indicatrices temporelles expliquent la plus grande part de variations des durées d'activités.

Bhat (1996a) estime les durées d'achat sur le trajet travail-domicile par un modèle non-paramétrique à hasards proportionnels tenant compte d'une hétérogénéité inobservée non-paramétrique. La méthode proposée prolonge les techniques proposées par Han et Hausman (1990) et Heckman et Singer (1984) pour estimer une distribution non-paramétrique pour la dynamique temporelle et l'hétérogénéité inobservée. Les durées sont renseignées par les emplois du temps des ménages enquêtés en 1991, dans la région métropolitaine de Boston. Les résultats indiquent que la modélisation paramétrique produit des estimateurs de la dynamique temporelle biaisés. Et la prise en compte de l'hétérogénéité inobservée dans un modèle paramétrique ne permet pas de corriger ce biais résultant de la mauvaise spécification de la distribution de référence. De plus, l'intégration de l'hétérogénéité inobservée par une

forme paramétrique ne permet pas d'éliminer la totalité du biais d'hétérogénéité. L'estimation non-paramétrique de la dépendance temporelle et de l'hétérogénéité semble la méthode la plus efficace. Aux côtés des résultats économétriques, cette étude montre que les durées d'achat sont sensibles aux statuts professionnels de l'individu et du conjoint et au mode de transport pour le travail de l'individu et du conjoint.

Kitamura et al. (1997a) estiment les durées des activités pour les actifs et les inactifs à l'aide d'un modèle paramétrique Weibull. Les variables explicatives des durées des épisodes des activités incluent les durées de certaines activités poursuivies avant l'activité modélisée, l'horaire de réalisation de l'activité et les caractéristiques socio-économiques. Les données sont constituées de l'enquête déplacements de 1991 menée en Californie (*Southern California Association of Governments*). Les résultats montrent la dépendance des durées des épisodes d'activité par rapport aux activités passées. Par exemple, la durée des activités engagées durant le trajet travail-domicile est décroissante avec le temps de travail cumulé avant l'activité. Ce même temps de travail réduit les durées des épisodes de loisirs sociaux. Les horaires expliquent les durées des épisodes d'activités. Les activités récréatives sont plus courtes le matin et plus longues le soir, pour les actifs. Les activités durant le retour à domicile sont plus longues le matin ou le soir qu'en milieu d'après-midi. Les attributs socio-économiques, tels que le genre, l'âge, le statut professionnel et la structure du ménage sont influents.

Timmermans et al. (2002) proposent une analyse comparative internationale des durées moyennes d'activités. Les durées des épisodes de travail, d'études, d'achat, de loisirs récréatifs et de loisirs sociaux sont modélisées selon un modèle de Cox. Les effets spécifiques des attributs des ménages, des jours de semaine et des contextes spatiaux sont recherchés. Les estimations sont réalisées pour les durées observées dans les villes de Portland aux USA (1994) et Fukuoka au Japon (1993), les métropoles canadiennes (1992), la région de Midlands en Angleterre (1994) et la région sud de Rotterdam aux Pays-Bas (1997). Les résultats indiquent l'existence de certaines tendances communes aux différentes régions, malgré les différences entre les bases de données. Les types de ménages et les jours de réalisation des activités paraissent plus influents que les contextes spatiaux ou les systèmes de transport. Les différences inter-régionales semblent plus faibles que les différences observées par les autres études au niveau intra-régional.

Schwanen (2004) estime les durées des épisodes d'achat selon leur position dans le programme d'activités (avant le travail, sur le trajet domicile-travail, durant le travail, sur le trajet travail-domicile ou après le retour du travail). Aux côtés de variables influentes identifiées par d'autres études (les contraintes temporelles, la contrainte budgétaire, le programme d'activités), l'auteur introduit le niveau d'urbanisation de la zone d'achat fréquentée. Les données sont issues de l'enquête nationale transport des Pays-Bas de 1998. Le modèle estimé est un modèle semi-paramétrique de Cox à hasards proportionnels. Le modèle révèle que l'environnement spatial est une variable fortement influente après la contrainte de temps. Si elle ne semble pas jouer sur la fréquence des achats, l'offre de commerces plus large et diversifiée des zones urbanisées implique une plus grande durée d'achat.

Srivinasan et Bhat (2005) modélisent la durée des activités hors-domicile de maintenance du ménage pour les hommes et les femmes à l'aide d'un modèle de durées joint à un modèle logit mixte estimés simultanément. Le logit mixte représente le choix discret du ménage relatif à la réalisation d'une activité de maintenance hors-domicile parmi les modalités suivantes : aucune activité, activité poursuivie par l'homme, ou par la femme, ou par les deux. Le choix continu de la durée de l'activité est modélisé par un modèle de durées non-paramétriques à hasards proportionnels. L'enquête transport de l'aire urbaine de San Francisco de 2000 est utilisée pour l'estimation. Les résultats indiquent les effets des attributs socio-économiques

des individus, des caractéristiques des activités obligatoires et du temps investi pour les activités de maintenance à domicile sur le choix discret d'engagement d'une activité de maintenance hors-domicile. La participation à ces activités est le plus souvent spécialisée et attribuée aux femmes.

(3) Durées avant la réalisation d'une activité – choix des horaires de participation

Wang (1996) estime les durées avant la réalisation de chacune des quinze activités composant les emplois du temps. Les durées sont renseignées par l'enquête canadienne *Second General Social Survey* de 1986, qui comprend un volet décrivant les emplois du temps. L'estimation par des modèles paramétriques Weibull permettent l'estimation des fréquences des débuts de chaque activité, donc des horaires préférés pour chaque type d'activités. Les durées avant chaque activité sont modélisées à l'aide d'un ensemble de variables explicatives composé de variables relatives aux attributs socio-économiques, aux localisations, à l'accompagnement, aux durées des activités et aux modes de transport. Les résultats font apparaître l'effet des horaires sur les courbes de fréquences d'engagement des activités et les effets des variables explicatives. L'utilité des activités apparaît clairement dépendante des horaires de leur exécution.

De la même façon, Bhat et Steed (2002) développent un modèle pour les horaires de départ des déplacements quotidiens à motif achat. Les données sont issues de l'enquête emplois du temps réalisée sur l'aire métropolitaine de Dallas-Fort Worth en 1996. Le modèle est spécifié comme un modèle non-paramétrique tenant compte d'une hétérogénéité gamma inobservée et autorise les variations des effets des covariables dans le temps. Les auteurs constatent les effets des variables socio-économiques, l'absence d'effet des coûts et des temps de trajet, ainsi que la présence d'hétérogénéité.

(4) Durées d'activités et probabilités de transition entre activités : modèles à risques concurrents

Les modèles à risques concurrents estiment la probabilité conditionnelle d'interruption d'une activité selon le type d'activités menées par la suite. La probabilité modélisée est donc dépendante de l'état final du processus.

Ettema et al. (1995) estiment un modèle de durées à risques concurrents et à durée de vie accélérée décrivant simultanément la durée de l'activité en cours et le choix de la prochaine activité et leur dépendance mutuelle. Les auteurs ont estimé le modèle pour un ensemble de données décrivant les programmes d'activités d'un échantillon d'étudiants. Le modèle révèle l'importance des contraintes spatio-temporelles sur l'organisation des emplois du temps, telles que les horaires d'engagement des activités, les heures d'ouverture et les temps de transport. Par ailleurs, les durées et le type d'activités apparaissent dépendants du programme d'activités et des déplacements passés, ainsi que des priorités des individus.

Ma et Goulias (1998) ont appliqué plusieurs modèles de durées à l'étude des horaires du premier trajet quotidien, du budget-temps hors-domicile, des durées d'activités et des temps de transport par type d'activités. Un modèle à risques concurrents est estimé pour représenter le choix de l'horaire (la durée avant le premier départ) selon le type d'activité. Ce modèle estime les horaires, mais aussi les probabilités de poursuivre chaque type d'activité (le motif de ce premier déplacement). Les budgets-temps hors-domicile sont estimés par un modèle à durée de vie accélérée. Les durées d'activités sont déterminées par un modèle à risques concurrents estimant la probabilité de transition d'un type d'activités à un autre. Enfin, les temps de transport sont estimés par un modèle à durée de vie accélérée selon le type

d'activités à destination. L'originalité de cette application d'un modèle de durées aux temps de transport par type d'activités réside dans l'usage d'une méthode d'estimation itérée en deux étapes, afin d'introduire et tester l'endogénéité entre le transport et les activités. Les résultats de cette estimation indiquent que les plus longs temps de trajet pour le travail sont associés aux individus actifs et vivant le plus loin de leur lieu de travail. Les temps de trajet sont décroissants avec la durée des activités et du transport précédents et le nombre d'activités précédentes réalisées. Ils sont aussi plus faibles lorsque les horaires du premier trajet sont tardifs. Les tests de l'endogénéité indiquent que les temps de transport sont endogènes aux durées d'activités. Ces résultats sont contraires à ceux de Hamed et Mannering (1993) qui observent l'endogénéité des durées d'activités par rapport aux temps de transport, à l'aide d'un modèle linéaire.

Enfin, les modèles à risques concurrents peuvent être estimés conditionnellement aux états initiaux et terminaux du processus temporel modélisé. Ainsi, la durée d'une activité est à la fois dépendante des attributs de l'activité précédente et de l'activité suivante.

Bhat (1996b) estime un modèle généralisé à hasards proportionnels multiples pour représenter les probabilités de choix et les durées des activités de loisirs et d'achat après le travail. Pour cela un modèle de durées et un modèle logit ordonné sont estimés simultanément. Les résultats montrent l'effet des variables socio-économiques et des attributs du travail sur le choix du type d'activité et sa durée. De plus, le modèle révèle l'importance de la relation entre le choix du type d'activité et la modélisation des durées (la dépendance par rapport à l'état initial du processus modélisé). Ainsi, ignorer l'endogénéité entre le type d'activité et sa durée conduirait à un biais important des paramètres des variables explicatives et des coefficients du hasard de base du processus.

Popkowski Leszczys et Timmermans (2002) comparent différents types de modèles à risques concurrents (modèle à risques non-concurrents, modèle à risques concurrents inconditionnels et modèle à risques concurrents conditionnels) pour modéliser l'enchaînement et la durée des activités. Les résultats indiquent que le modèle à risques concurrents conditionnel offre le meilleur ajustement. En conséquence, le choix et l'horaire d'une activité dépendent de la nature et de la durée de l'activité conduite précédemment. L'identification de cette dépendance temporelle confirme les résultats de Ettema et al. (1995). Différentes variables socio-économiques interviennent significativement dans les probabilités de transition entre activités, telles que l'âge, le genre, le revenu, le statut professionnel, la présence d'enfants, la réalisation de l'activité en semaine ou en week-end.

(5) Durées inter-épisodes

Schönfelder et Axhausen (2001) examinent la périodicité des participations aux activités d'achats en modélisant les durées entre deux épisodes de cette activité à l'aide du modèle paramétrique Weibull et du modèle semi-paramétrique de Cox. Les estimations sont menées pour les villes de Karlsruhe et Halle. Les estimateurs obtenus diffèrent entre les échantillons. Les durées inter-épisodes d'achat sont plus courtes à Karlsruhe avec le nombre de véhicules du ménage, la possession du permis de conduite, alors que ces variables ont peu d'effet à Halle. Les hommes ont des durées plus longues à Halle. Enfin, les effets communs aux deux villes sont l'effet positif sur la durée d'un emploi à plein temps et l'effet négatif du revenu du ménage.

Plus récemment, à partir des enquêtes déplacements menées sur plusieurs semaines dans les villes de Halle et Karlsruhe, Bhat et al. (2003) et Bhat et al. (2004a) analysent les durées entre épisodes d'achat. La première étude se concentre sur l'impact des technologies de

communication sur les durées inter-épisodes entre deux achats de loisir. Le modèle à hasards proportionnels estimé par une méthode non-paramétrique tient compte de l'hétérogénéité de la sensibilité aux technologies de la communication. Un effet de substitution est constaté par l'usage des technologies de communication. Cet effet est dépendant des caractéristiques socio-économiques individuelles. La prise en compte de l'hétérogénéité de l'usage des technologies de la communication réduit le biais de sélection correspondant. Enfin, Bhat et al. (2004a) modélisent la durée entre deux activités d'achat de maintenance du ménage. Pour cela, ils estiment un modèle non-paramétrique à hasards proportionnels tenant compte de l'hétérogénéité inobservée et incluant une classification endogène des individus entre les acheteurs routiniers et les acheteurs irréguliers, fondée sur un logit binaire. Les résultats montrent que les acheteurs routiniers ont des participations aux achats caractérisées par une tendance hebdomadaire. Le hasard des acheteurs routiniers est non-monotone. Les fréquences d'achat sont influencées par les caractéristiques des statuts professionnels de l'individu et son conjoint, le mode de transport utilisé et le comportement d'enchaînement des déplacements.

Bhat et al. (2005) estiment, par un modèle généralisé non-paramétrique à hasards proportionnels multiples tenant compte de l'hétérogénéité inobservée les durées inter-épisodes pour différents types d'activités (deux activités d'achat de maintenance ou non et trois activités non-achat : loisir, affaire personnelle et activité sociale). La probabilité de participation aux activités d'achat est croissante avec le temps, mais la dynamique temporelle pour les autres activités n'est pas aussi claire. La participation aux activités non-achat est fortement marquée par un rythme hebdomadaire, qui est moins net pour les activités d'achat. Enfin, les attributs de l'individu, du conjoint et du ménage, la localisation résidentielle, le jour de semaine ont une forte influence sur la durée inter-épisodes. Parmi ces variables, les auteurs soulignent les effets de l'accès à internet sur les achats de maintenance du ménage et du nombre de chiens domestiques sur la fréquence des activités de loisir. Le taux de motorisation et le lien entre la localisation et le système de transport n'ont pas d'effet sur les taux de participation aux activités.

(6) Durées entre la planification et l'exécution d'une activité

Mohammadian et Doherty (2004) modélisent le laps de temps entre la planification d'une activité et son exécution. En 2003, 270 ménages de Toronto ont enregistré sur un agenda électronique leurs programmes d'activités hebdomadaires prévus et réalisés, en ajoutant, modifiant et supprimant des activités. L'estimation de la durée, en jours, entre la prévision et l'exécution d'une activité, quelle qu'elle soit, est réalisée par des modèles de durées paramétriques et semi-paramétriques. Le modèle paramétrique Weibull tenant compte de l'hétérogénéité inobservée de distribution gamma donne les meilleurs résultats. Il apparaît que les caractéristiques des activités ne suffisent pas à expliquer leur mode de planification. En effet, aux côtés des attributs des activités (durée, fréquence, localisation, temps de transport) de nombreuses autres variables se révèlent influentes : les mesures de flexibilité des activités (flexibilité spatiale et temporelle, présence d'enfants), les caractéristiques individuelles et du ménage et les caractéristiques du programme d'activités hebdomadaire. Cependant, le modèle révèle aussi des problèmes de spécification révélés par les signes contre-intuitifs de certaines variables, telles que la mesure de la flexibilité spatiale qui conduit à une préparation avancée des activités.

Conclusion

De façon générale, les nombreuses applications de ces méthodes économétriques et leurs résultats sont largement critiqués dans la littérature relative au lien activité-transport. L'essentiel des débats concerne des hypothèses comportementales spécifiques. La rationalité

économique des choix en situation de connaissance complète de l'univers de choix d'activité est débattue (Recker et al., 1986 ; Ettema et al., 1993 ; Garling et al., 1994). Par ailleurs, l'approche économétrique des choix suppose une évaluation instantanée des alternatives étant donnée la connaissance d'un certain nombre d'attributs (Hamed et Mannering, 1993). Un second point critiqué est l'insuffisante spécification des interrelations entre différents aspects des comportements d'activités et de mobilité (Recker et al., 1986 ; Ettema et al., 1993 ; Garling et al., 1994). De ce point de vue, l'analyse microéconomique apporte des éléments de réponse en définissant les besoins de l'analyse économique de l'allocation de temps. Ainsi, la représentation de la concurrence pour la ressource temporelle entre les activités semble devoir tenir compte du temps dédié au transport en tant que variable d'ajustement des comportements. Au même titre que pour une autre activité, le temps de transport est, au moins en partie, choisi par l'individu. Il acquiert alors un double rôle dans la représentation de l'allocation des temps. D'un côté, il est un coût d'accès à une activité, en ce sens, le temps de transport est subi. Il sera logiquement réduit à son minimum. D'un autre côté, le temps de transport est déterminé au travers de ses interactions avec les autres activités. Le choix individuel ne se réduit pas à la détermination d'un programme d'activités, dont découle un temps de transport. Au contraire, le temps de transport est en concurrence avec les activités. Il intervient dans la formation des emplois du temps. En conséquence, le temps de transport doit être présent, à la fois, dans la définition des univers de choix des individus (les contraintes), ainsi que dans l'ensemble des variables d'ajustement des comportements (les arguments de la fonction d'utilité).

Les modèles appliqués d'allocation des temps rencontrent de nombreuses difficultés à introduire ce double rôle du temps de transport. Dans l'ensemble, ils sont contraints à deux hypothèses réductrices. Soit, le temps de transport est endogène et déterminé en amont du choix de programme d'activités. Soit, il est considéré comme un coût résultant du programme d'activités. Cette seconde hypothèse se rapproche de la relation de demande dérivée qui caractérise le lien entre les activités et la mobilité, mais ne parvient pas à intégrer la valeur intrinsèque du transport.

Parallèlement aux débats sur l'abstraction nécessaire à l'analyse de nombreux processus, les approches économétriques de la relation activité-transport ont largement contribué à étendre notre compréhension de nombreux mécanismes des choix individuels et des ménages, ainsi que des éventuels impacts des politiques urbaines et des transports. Parmi les nombreuses méthodes économétriques employées pour l'analyse des programmes d'activités, le cadre théorique des modèles de durées apporte un nouveau regard sur les processus étudiés. Il introduit en effet, la notion de dynamique temporelle, en étudiant les probabilités conditionnelles de transition d'une activité à une autre. Comme nous le verrons dans la partie suivante, les modèles de durées constituent un outil particulièrement adapté à notre objectif de modélisation des budgets-temps de transport quotidiens, en se soustrayant à un certain nombre des limites des modèles traditionnels.

La partie suivante présente les résultats des estimations menées sur les données de mobilité des sept agglomérations pour chacune des deux dates d'observation.

II. Un modèle de durées appliqué aux budgets-temps de transport

Les modèles de durées sont fréquemment utilisés pour l'analyse des durées des activités. Cependant, les applications relevées dans la littérature ne font référence qu'aux activités non-transport et le plus souvent aux seules activités hors-domicile. Le modèle mis en œuvre dans cette section vise à produire une analyse des durées quotidiennes de transport. Les durées étudiées sont issues des EMD des quatre villes françaises et des Microrecensements suisses. Suivant les applications des modèles de durées aux temps d'activités, deux types de résultats sont attendus :

1. La mise en évidence des variables influentes. Dans cet objectif, les caractéristiques socio-économiques individuelles et des ménages sont mobilisées, ainsi que leur localisation résidentielle. Comme nous le verrons dans la première sous-section, les modèles de durées mettent à notre disposition les moyens de tenir compte des particularités des données de durées. Les relations révélées entre les budgets-temps de transport et certaines variables bénéficieront *a priori* de la plus grande pertinence de cette méthodologie ;
2. L'identification et la spécification de la dynamique temporelle qui anime le processus de gestion des temps de déplacement quotidiens. L'analyse de la probabilité conditionnelle d'interruption apporte une information dynamique tout au long de la durée du processus. Ainsi, l'estimation de cette dynamique révélera une information nouvelle sur la gestion des temps de transport. De la même façon que dans les analyses des durées d'activités, une dynamique temporelle propre aux temps de transport quotidiens peut être recherchée. Sa spécification indiquera le rythme et les éventuels cycles caractérisant les temps de transport quotidiens.

Le modèle de durées est mené en trois étapes fondées sur des méthodes d'estimation et des objectifs complémentaires :

1. Tout d'abord, une estimation non-paramétrique est réalisée. Equivalente à une analyse descriptive de la distribution des budgets-temps de transport, elle indique la forme de la dynamique temporelle qui anime la gestion du temps de transport, ainsi que les variables influençant cette dynamique.
2. Ensuite, afin d'approfondir l'identification et la mesure des impacts des variables explicatives, une estimation semi-paramétrique (ou modèle de Cox) est menée. Cette méthode suppose une forme particulière d'interaction entre les variables et la durée modélisée (modèle à hasards proportionnels) qui permet l'estimation des coefficients associés aux variables explicatives indépendamment de la dynamique temporelle. En se soustrayant à l'estimation de la dynamique temporelle, cette méthode est *a priori* la plus efficace pour l'estimation des coefficients, sous l'hypothèse que la forme d'interaction supposée est correcte.
3. A partir des informations recueillies par les deux premières estimations, un modèle paramétrique est construit. Ce modèle complet a été construit pour l'EMD de Lyon 1995. Il teste les distributions paramétriques s'ajustant le mieux à la dynamique temporelle de la durée identifiée dans l'estimation non-paramétrique. Pour chaque distribution, le modèle estime les coefficients associés aux variables explicatives. La spécification paramétrique permet l'interprétation précise des résultats et produit quelques éléments de prévision.

Les principales notions théoriques sont présentées avant l'application de chaque méthode d'estimation. Une illustration de l'application de chacune des trois méthodes d'estimation est présentée.

1. Les modèles de durées – Particularités et Principes généraux

a) La pertinence des modèles de durées pour l'analyse des données de durées

Outre les problèmes de spécifications des relations, la nature même des données de durées impose un certain nombre de restrictions sur les types de modèles utilisables. La première particularité des données de durées relève de leur nature. Ce sont des variables positives, qui peuvent être censurées et qui peuvent être caractérisées par des variables explicatives variant dans le temps. Ensuite, le problème majeur de l'application des modèles classiques aux données de durées est l'hypothèse de normalité des résidus.

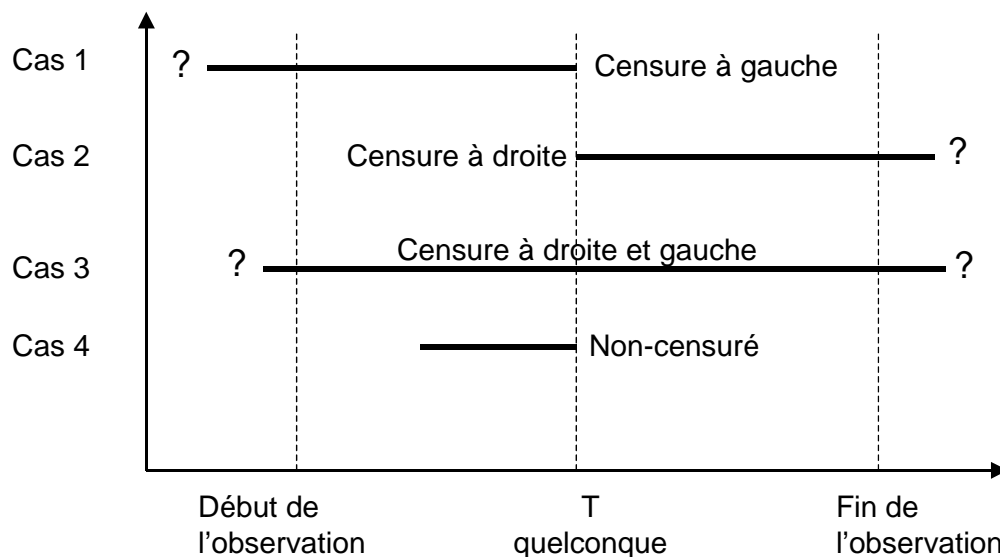
Par ailleurs, les modèles de durées apportent une information particulière sur le processus de durée étudié. Ils se concentrent sur la modélisation de la probabilité conditionnelle d'interruption de l'événement considéré. Ils considèrent donc une information plus complète que les modèles classiques utilisés pour les modèles d'événements discrets tels que les modèles logistiques ou de Poisson.

(1) Les particularités des données de durées

La positivité des valeurs prédites n'est, *a priori*, pas un problème incontournable dans la mesure où la variance de la distribution normale supposée des résidus peut être choisie ou estimée de telle sorte que la probabilité d'une durée négative soit virtuellement nulle (Cleves et al., 2004).

Les durées peuvent être censurées « à gauche » et « à droite ». Ces deux cas apparaissent lorsque la période d'observation ne contient pas le début ou la fin du processus. Ainsi, les durées de processus ayant débutés avant le début de l'enquête sont des données censurées à gauche (cas 1 de la figure III-1). Et les durées de processus se terminant (ou non) après la fin de la période d'observation sont des données censurées à droite (cas 2 de la figure III-1). Certaines observations peuvent être censurées à la fois à gauche et à droite (cas 3 de la figure III-1).

Figure III-1 : La censure de données de durées



En présence d'observations censurées à droite, l'application des méthodes classiques d'analyse univariée, ainsi que l'analyse linéaire multivariée sont problématiques. Par exemple, le simple indicateur de la moyenne voit son pouvoir de représentation réduit. En effet, lorsque certains individus ne sont pas observés au-delà d'une certaine date, le temps moyen, calculé

comme la moyenne arithmétique des durées ne peut être interprété que comme un temps moyen *minimum*. « La moyenne de la distribution des durées est estimée à *au moins* ce niveau »⁷⁸. Le même type de problèmes apparaît dans les ajustements linéaires sur des données censurées. La censure à droite ou à gauche des observations biaise les estimateurs classiques. En revanche, la durée médiane est peu affectée par la censure des observations, tant qu'elle reste mineure. Son interprétation n'est donc pas altérée par la censure. Elle reste donc un indicateur pertinent de la centralité de la distribution des durées. En conséquence, une grande partie des résultats sont rapportés au temps médian estimé plutôt qu'au temps moyen estimé.

Les méthodes linéaires traditionnelles sont utilisables pour des données non-censurées (cas 4 de la figure III-1). La censure à droite peut être introduite dans les modèles linéaires, tout en maintenant l'hypothèse de normalité des résidus, par la construction de modèles de type Tobit. La censure à gauche s'intègre aisément dans les modèles de durées, mais peut être introduite dans les autres méthodes d'estimation⁷⁹.

Enfin, la normalité de la distribution des durées n'est que rarement observée. La distribution des durées est le plus souvent asymétrique et peut être d'une forme particulière, comme par exemple dans les domaines médicaux ou les analyses démographiques, où certaines distributions sont, par exemple bimodales. De plus, la distribution des durées est souvent caractérisée par des queues de distribution plus longues que celles de la distribution normale.

Face à ce type de violations de l'hypothèse de normalité, la régression linéaire n'est alors pas robuste. Et l'ensemble des propriétés d'inférence statistique des estimateurs n'est pas validé sans l'hypothèse de normalité des résidus.

Joly (2005) montre que la normalité des budgets-temps de transport n'est pas validée. Les tests formels de la normalité de la distribution rejettent la normalité des budgets-temps de transport (tableau III-3).

Tableau III-3 : Tests de normalité des distributions des budgets-temps de transport observés pour l'EMD de Lyon 1995⁸⁰

Statistiques de Test	BTT
Kolmogorov-Smirnov (D)	0,11 ***
Cramer-von Mises (W ²)	33,56 ***
Anderson-Darling (A ²)	213,25 ***
Jarque-Bera (Chi ²)	7633,79 ***

seuil de significativité : * 0,1 ; ** 0,05 ; *** 0,01

source : Joly (2005)

(2) Modélisation de la probabilité conditionnelle d'interruption

Les régressions de type logistique parviennent à modéliser la relation entre les covariables et les probabilités. Ces méthodes sont adaptées pour prédire la vraisemblance d'un événement. Cependant, elles traitent les événements apparaissant au début ou ceux apparaissant à la fin de

⁷⁸ Hosmer et Lemeshow (1999), p. 3.

⁷⁹ Allison, 1995, p. 4.

⁸⁰ La taille de l'échantillon étant supérieure à 2000, le test de Shapiro-Wilk n'est pas reporté. Pour une présentation détaillée de ces tests : Wonnacott R.J. et Wonnacott T.H. (1990).

la période d'observation de la même façon (Morita et al., 1993). Les modèles de durées et les modèles logistiques utilisent donc des informations différentes et produisent des analyses différentes. La régression logistique modélise la probabilité non-conditionnelle d'un événement (la probabilité d'un événement, indépendamment de la date d'apparition de cet événement), alors que le modèle de durées se concentre sur sa probabilité conditionnelle. Pour l'étude et la prédiction de la vraisemblance non-conditionnelle d'un événement, la régression logistique est un bon outil. Mais pour la prédiction de la vraisemblance d'un événement conditionnellement à un état, les modèles de durées sont plus appropriés.

De plus, l'estimation du hasard par la régression logistique repose sur la discrétisation des durées en intervalles et suppose un hasard constant dans chaque intervalle. Les méthodes des modèles de durées reposent sur des temps continus et ont la capacité de tenir compte de plus d'information relative au temps que les techniques basées sur des temps discrets, car ils considèrent les temps exacts d'interruption. La régression logistique apparaît donc comme moins efficace sur le plan statistique (Hensher et Mannering, 1994). Mais, elle reste relativement plus simple à mettre en œuvre, notamment en présence de covariables variant dans le temps et de temps d'interruption regroupés. En effet, les régressions logistiques peuvent être adaptées dans cet objectif (Hensher et Mannering, 1994 ; Allison, 1995). Alors que la prise en compte de variables explicatives variant dans le temps ne semble pas réalisable dans une régression linéaire.

Dans le but de conduire une analyse multidimensionnelle plus flexible et plus adaptée que l'analyse linéaire, nous appliquons la méthode des modèles de durées aux temps de transport quotidiens. Cette méthodologie est particulièrement adaptée pour traiter des données relatives à des durées, telles que les budgets-temps de transport, qui sont des variables positives et qui peuvent être censurées et ne vérifiant pas l'hypothèse de normalité de leur distribution.

De plus, les modèles de durées introduisent la notion de dynamique temporelle du processus étudié. En effet, ils modélisent la probabilité conditionnelle de l'interruption d'un processus, sachant qu'il a perduré jusqu'à une date donnée. Ils permettent à la vraisemblance de l'interruption du processus de dépendre de la durée déjà écoulée. Ainsi, cette probabilité d'interruption peut varier au cours du déroulement du processus. Et l'analyse de la probabilité conditionnelle d'interruption est susceptible d'apporter une information sur le processus individuel de la gestion des temps.

Par ailleurs, cette dynamique temporelle permet l'analyse des réactions du processus aux évolutions de son contexte de réalisation. En effet, l'introduction de variables explicatives variant dans le temps, durant le déroulement du processus étudié conduit à considérer une relation dynamique entre la durée modélisée et les variables explicatives.

b) Principes généraux

L'application des modèles de durées en économie des transports est relativement récente. Les hypothèses principales du modèle sont présentées dans la partie suivante. Par la suite, les éléments théoriques nécessaires à la compréhension des résultats obtenus et de leurs interprétations seront présentés. Pour chaque étape de la modélisation, les concepts seront illustrés par l'application des modèles de durées aux budgets-temps de Lyon. Le lecteur souhaitant développer les notions abordées et étudier d'autres méthodes d'estimation des modèles de durées pourra se référer aux ouvrages suivants : Kalbfleisch et Prentice (1980), Allison (1995), Hosmer et Lemeshow (1999), Lawless (2003).

(1) Caractérisation de la distribution des durées et de la dynamique temporelle

L'objectif est la modélisation et l'étude de la durée quotidienne consacrée aux transports et de la probabilité d'interruption de ce processus au cours du temps. L'évolution de cette probabilité d'interruption au cours du déroulement du processus est qualifiée de dynamique temporelle. La distribution de la durée du processus, T , et sa dynamique temporelle sont caractérisées par les cinq fonctions présentées ci-dessous.

Spécification de la distribution des durées

Notons T , la variable aléatoire réelle positive, représentant le temps qu'un individu consacre à ses transports quotidiennement. Nous supposons que T est continue⁸¹ et que les individus sont homogènes par rapport à leurs comportements d'allocation de temps aux transports. La distribution de T est caractérisée par la fonction de densité, $f(t)$, et la fonction de répartition, $F(t)$, définies par :

$$f(t) = \lim_{\Delta \rightarrow 0^+} \frac{P(t \leq T < t + \Delta)}{\Delta}$$

et

$$F(t) = P(T \leq t) = \int_0^t f(u) du$$

Ainsi la probabilité d'interruption du processus dans un intervalle de temps Δ , est donnée par : $f(t) \cdot \Delta$. Et la probabilité que l'interruption survienne avant la date t est : $F(t)$.

La probabilité complémentaire de $F(t)$ est donnée par la fonction de survie (ou fonction d'endurance (Bhat, 2000)), notée $S(t)$. Elle correspond à la probabilité que le processus dure jusqu'à la date t :

$$S(t) = \Pr[T > t] = 1 - F(t) = \int_t^{\infty} f(u) du$$

Dynamique temporelle et interprétation de la fonction de hasard

Les modèles de durées estiment les probabilités d'interruption sur un intervalle de temps infinitésimal Δ après la date t , sachant que le processus a duré jusqu'à une date donnée t . Cette probabilité conditionnelle est notée $h(t)$ et est qualifiée de fonction de hasard ou encore de taux de hasard. Elle est définie par :

$$h(t) = \lim_{\Delta \rightarrow 0^+} \frac{P(t \leq T < t + \Delta | T > t)}{\Delta}$$

Enfin, le hasard intégré est défini par :

$$H(t) = \int_0^t h(u) du = -(\ln S(t))$$

Il ne possède pas d'interprétation directe, mais sera utile dans de nombreuses étapes de la

⁸¹ La continuité de la variable modélisée est une hypothèse critiquable pour l'analyse du temps de transport quotidien. En effet, le budget-temps de transport est considéré comme la somme des durées des déplacements réalisés dans une journée. Il est dépendant du nombre de déplacements et n'est donc pas une variable continue dans le processus décisionnel de l'individu. Cependant, le grand nombre d'observations dont nous disposons ainsi que le grand nombre de valeurs prises par les temps de transport, nous permettent de soutenir cette hypothèse récurrente dans l'ensemble des modèles de temps de transport.

modélisation.

La probabilité conditionnelle peut être déterminée par le quotient de la probabilité instantanée d'interruption à la date t , et de la probabilité de survie jusqu'à la date t : le rapport des fonctions de densité et de survie.

Le hasard $h(t)$ peut être transformé par application de la propriété des probabilités conditionnelles suivante :

$$P(A/B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

où dans notre cas $P(B|A) = 1$, car $P(t \leq T \leq t + \Delta | T > t) = 1$

Ainsi :

$$\begin{aligned} h(t) &= \lim_{\Delta \rightarrow 0^+} \frac{P(t \leq T < t + \Delta | T > t)}{\Delta} \\ &= \lim_{\Delta \rightarrow 0^+} \frac{P(t \leq T < t + \Delta)}{\Delta} \cdot \frac{1}{P(T > t)} \\ &= \lim_{\Delta \rightarrow 0^+} \frac{F(t + \Delta) - F(t)}{(1 - F(t)) \cdot \Delta} \end{aligned}$$

Le hasard se définit comme le rapport des fonctions de densité et de survie :

$$h(t) = \frac{f(t)}{S(t)}$$

De plus, le lien entre le hasard et la survie est obtenu par :

$$\begin{aligned} h(t) &= \frac{f(t)}{S(t)} = \frac{dF(t)/dt}{S(t)} = \frac{d[1 - S(t)]}{S(t)} = \frac{-dS(t)/dt}{S(t)} \\ h(t) &= \frac{-d \ln S(t)}{dt} \end{aligned}$$

Le hasard s'écrit alors :

$$h(t) = \frac{f(t)}{S(t)}$$

ou encore par :

$$h(t) = \frac{-d \ln S(t)}{dt}$$

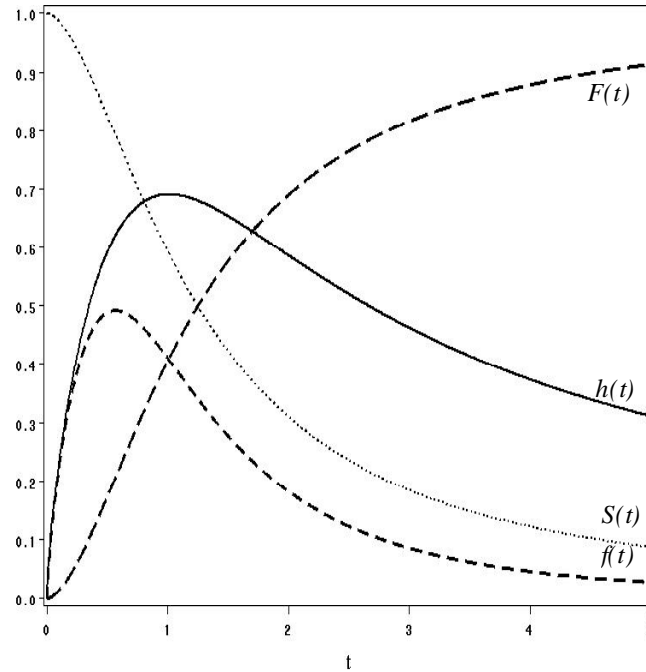
(2) Interprétation du hasard et de la survie

En définitive, la fonction de hasard exprime l'opposé de la pente de la courbe de survie en valeur relative. En conséquence, la pente de la fonction de hasard indique les variations de la pente de la survie. Les variations du hasard correspondent aux modifications du rythme de la survie, l'accélération ou la décélération du processus. La forme de la fonction de hasard a donc d'importantes implications sur la représentation de la dynamique temporelle du processus (Hensher et Mannering, 1994). Par exemple, avec une pente croissante, le hasard décrit un processus dont la fonction de survie décroît de plus en plus vite. La figure III-2 illustre un exemple de formes liant ces différentes fonctions lorsque le hasard est supposé non-monotone.

Les courbes F et f illustrent les fonctions de répartition et de densité. Toutes deux sont des probabilités non-conditionnelles. Les modèles de durées se concentrent plus particulièrement sur les fonctions de survie et de hasard. La probabilité d'atteindre une date donnée t est illustrée par la courbe de survie, S . Enfin, la pente de la courbe de hasard, h , nous informe directement sur les variations du rythme de décroissance de la survie. La probabilité conditionnelle d'interruption est dépendante du temps écoulé. Le hasard représenté dans la figure III-2 admet un renversement de sa pente. Ainsi, cette probabilité conditionnelle est croissante avec le temps écoulé, puis décroissante. L'interruption est donc de plus en plus probable au départ du processus, puis de moins en moins probable pour des durées importantes. L'information sur cette dynamique temporelle du processus est directement révélée par l'étude de la pente de la courbe de hasard.

La pente du hasard et la forme de la fonction de survie peuvent être estimées au travers de trois approches : paramétrique, non-paramétrique et semi-paramétrique. Dans les méthodes semi-paramétriques et paramétriques, les fonctions de distribution des durées sont supposées dérivées de distributions connues. Les méthodes paramétriques reposent sur des hypothèses fortes, et grâce à cela, permettent des interprétations et surtout des prédictions robustes. Un des objectifs de l'estimation sera alors de déterminer quelle est la distribution la plus adaptée à la représentation de l'échantillon et de déterminer ses paramètres. A l'opposé, dans les méthodes non-paramétriques, aucune hypothèse n'est formulée sur la distribution *a priori* des durées. Elles décrivent les processus étudiés directement à partir des observations, mais produisent moins aisément des prédictions.

Figure III-2 : Exemple de formes des fonctions de densité, de distribution, de hasard et de survie



c) L'estimation non-paramétrique

L'approche non-paramétrique se rapproche d'une analyse des statistiques descriptives des durées. La fonction de survie est estimée à l'aide de l'estimateur (KM) du produit limite de Kaplan-Meier (1958). L'estimateur KM de la survie à la date t_j est calculé comme le produit des proportions suivantes :

$$S_{KM}(t_j) = \prod_{k=1}^j \frac{n(t_k) - d(t_k)}{n(t_k)}$$

où $n(t_k)$ est la population à risque à la date t_k , $d(t_k)$ est le nombre d'interruptions à la date t_k . La fonction de survie correspondante est alors une fonction en paliers avec une marche pour chaque temps discret correspondant à une interruption. L'estimateur KM considère les probabilités de survie à chaque palier, puis les multiplie pour obtenir un estimateur de la survie.

Lorsque le processus étudié révèle un grand nombre de temps d'interruption identiques, la définition des marches est problématique. Cette discrétisation des temps d'interruption peut notamment survenir, lorsque les temps déclarés sont arrondis, réduisant ainsi la représentation des interruptions entre eux⁸². Dans ce cas, les temps d'interruption doivent être regroupés dans des intervalles réguliers. La définition des marches de la fonction est donnée par le choix arbitraire des intervalles des temps d'interruption. L'estimation de la pente du hasard est réalisée sous l'hypothèse d'un hasard constant entre chaque temps discret, donc d'une distribution uniforme des interruptions dans les intervalles. Cette méthode est connue sous le nom de table de survie (*lifetable method*).

La prise en compte des observations censurées est réalisée de telle sorte qu'elles contribuent à la population à risque jusqu'à ce qu'elles en disparaissent, mais ne sont pas comptabilisées

⁸² C'est notamment le cas des temps de déplacement déclarés, qui sont majoritairement des multiples de 5 minutes.

comme des interruptions. Il en résulte qu'après le dernier temps observé non-censuré, l'estimation de la survie sera considérée comme non-définie. De plus, dans les tables de survie, les populations à risque sont ajustées de la moyenne des observations censurées évaluée au centre de chaque intervalle. Sous l'hypothèse d'une distribution uniforme des observations censurées sur l'intervalle, les populations à risque sont réduites de la moitié du nombre d'observations censurées sur l'intervalle : $c/2$. La probabilité de survie à l'intervalle est donc donnée par : $(n-c/2-d) / (n-c/2)$, avec n le nombre d'observations au début de l'intervalle, d le nombre d'interruptions observées dans l'intervalle et c le nombre d'observations censurées à droite dans l'intervalle.

L'application de ces méthodes non-paramétriques produit donc un estimateur de la survie pour chaque date. Dans un second temps, l'étude de cet estimateur et de ses propriétés statistiques permet de construire l'intervalle de confiance de la survie et de déterminer pour chaque date un estimateur du hasard, des quantiles de la survie et de la survie médiane résiduelle.

(1) Survie prédite et intervalle de confiance

De la même façon que dans les modèles classiques de régression, les intervalles de confiance des valeurs prédites renseignent sur la qualité de la prédiction. Un estimateur de la variance de la survie est obtenu par l'application de la méthode delta (Hosmer et Lemeshow, 1999). Basée sur les développements limites de Taylor, cette méthode produit une estimation de la variance d'un estimateur dont la forme diffère d'une simple somme. L'obtention de la variance de l'estimateur de Kaplan-Meier de la survie est réalisée en deux temps. Tout d'abord, la variance du logarithme de l'estimateur est déterminée. Ce dernier est :

$$\begin{aligned}\ln(\hat{S}(t)) &= \sum_{i: t_i \leq t} \ln\left(\frac{n_i - d_i}{n_i}\right) \\ &= \sum_{i: t_i \leq t} \ln(\hat{p}_i)\end{aligned}$$

où : $\hat{p}_i = \frac{n_i - d_i}{n_i}$. Notons $\hat{q}_i = 1 - \hat{p}_i$

En considérant les observations de la population à risque à la date t_i comme des réalisations indépendantes d'une variable aléatoire Bernoulli de probabilité constante, dont \hat{p}_i est un estimateur et $(\hat{p}_i \hat{q}_i)/n_i$ un estimateur de la variance, nous pouvons déduire un estimateur de la variance de leurs transformations.

Par application de la méthode delta⁸³, la variance du logarithme d'une variable X de moyenne μ_X et de variance σ_X^2 est :

$$V[\ln(X)] \cong \frac{1}{\mu_X^2} \sigma_X^2$$

Et la variance de l'exponentiel de X est :

$$V(\exp(X)) \cong (\exp(\mu_X))^2 \cdot \sigma_X^2$$

D'où la variance du logarithme de l'estimateur de la survie est :

⁸³ Hosmer et Lemeshow (1999), p. 354.

$$\begin{aligned}\hat{V}[\ln(\hat{S}(t))] &= \sum_{i:t_i \leq t} \hat{V}[\ln(\hat{p}_i)] \\ &= \sum_{i:t_i \leq t} \left[\ln\left(\frac{n_i - d_i}{n_i}\right) \right]\end{aligned}$$

Et la variance de l'estimateur de la survie proposé par Greenwood (1926) est :

$$\hat{V}(\hat{S}(t)) = (\hat{S}(t))^2 \sum_{i:t_i \leq t} \frac{d_i}{n_i(n_i - d_i)}$$

Il a été démontré que l'estimateur de Kaplan-Meier est asymptotiquement distribué selon une loi normale (Andersen et al., 1993, Fleming et Harrington, 1991). Ainsi, nous pouvons déduire les bornes des intervalles de confiance de la survie estimée :

$$\hat{S}(t) \pm z_{1-\alpha/2} \hat{\sigma}[\hat{S}(t)]$$

où $z_{1-\alpha/2}$ est le quantile de la distribution normale standard et $\hat{\sigma}(\hat{S}(t))$ est l'écart type estimé de $\hat{S}(t)$ ⁸⁴.

(2) Le hasard estimé

Un estimateur du hasard au point milieu de chaque intervalle peut être déterminé par le quotient de la densité et de la survie évaluées en ce point. Soit t_{mi} le milieu de $[t_{i-1}, t_i]$ et b_i l'étendue de cet intervalle : $b_i = t_i - t_{i-1}$.

Par construction de l'estimateur de la survie, la survie estimée en chaque point t_i est :

$$\hat{S}(t_i) = \begin{cases} 1 & \text{si } i = 0 \\ \hat{S}(t_{i-1}) \cdot \hat{p}_i & \text{si } i > 0 \end{cases}$$

La survie estimée au point t_{mi} est :

$$\hat{S}(t_{mi}) = \frac{\hat{S}(t_i) + \hat{S}(t_{i-1})}{2} = \frac{(1 + \hat{p}_i)\hat{S}(t_{i-1})}{2}$$

Par ailleurs, la densité peut être estimée par :

$$\hat{f}(t_{mi}) = \frac{-[\hat{S}(t_i) - \hat{S}(t_{i-1})]}{t_i - t_{i-1}} = \frac{\hat{q}_i \hat{S}(t_{i-1})}{b_i}$$

Le hasard estimé au point milieu de chaque intervalle est :

$$\hat{h}(t_{mi}) = \frac{\hat{f}(t_{mi})}{\hat{S}(t_{mi})} = \frac{2\hat{q}_i}{b_i(1 + \hat{p}_i)}$$

(3) Les quantiles de la survie estimée

Les quantiles de la survie peuvent être estimés à leur tour. Ils sont définis par :

$$\hat{t}_p = \min\{t : \hat{S}(t) \leq (p/100)\}$$

⁸⁴ Cette définition des bornes des intervalles de confiance peut conduire à des valeurs non comprises entre 0 et 1. Dans ce cas, Kalbfleisch et Prentice (1980, p.15) ont proposé d'obtenir l'intervalle de confiance pour $-\log S(t)$.

Un estimateur de leur variance peut être obtenu par la « Méthode Delta » (Collett, 1994, cité dans Hosmer et Lemeshow, 1999) :

$$\hat{V}(\hat{t}_p) = \frac{\hat{V}(\hat{S}(\hat{t}_p))}{[\hat{f}(\hat{t}_p)]^2}$$

Le numérateur est l'estimateur de la variance de la survie estimée de Greenwood. Le dénominateur est l'estimateur de la fonction de densité.

Ainsi l'intervalle de confiance d'un quantile estimé est obtenu par :

$$\hat{t}_p \pm z_{1-\alpha/2} \hat{\sigma}(\hat{t}_p)$$

(4) La survie médiane résiduelle estimée

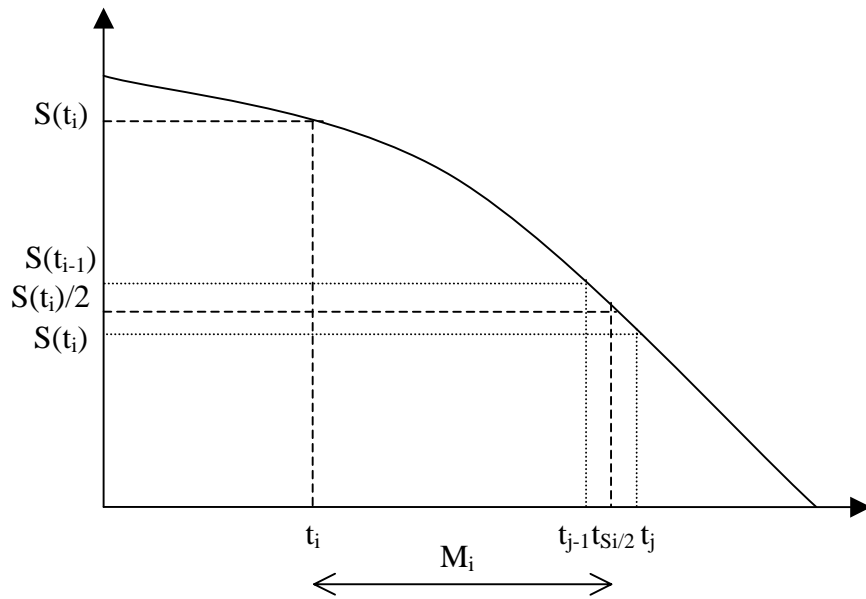
Un indicateur particulier de l'analyse des durées est la médiane, préféré à la moyenne en raison de la censure de certaines observations. L'estimation non-paramétrique produit pour la population à risque à chaque date le temps de survie supplémentaire atteint par 50% de ces individus. Cette survie médiane résiduelle à la date t exprime donc le temps de survie médian restant pour la population à risque à cette date.

Elle est donnée par :

$$\hat{M}_i = t_{j-1} - t_i + b_j \frac{\hat{S}(t_{j-1}) - \hat{S}(t_i)/2}{\hat{S}(t_{j-1}) - \hat{S}(t_j)}$$

où $[t_{j-1}, t_j[$ est l'intervalle défini par : $\hat{S}(t_{j-1}) \geq \hat{S}(t_i)/2 > \hat{S}(t_j)$. Ce qui correspond à une application du théorème de Thalès dans la figure III-3. A la date t_i , la population à risque représente une proportion de l'échantillon initial donnée par $S(t_i)$. Le temps de survie médian de cette population à risque en t_i correspond donc à $S(t_i)/2$. L'approximation de ce temps médian est obtenu par interpolation linéaire entre les deux dates observées les plus proches encadrant le temps de survie. Enfin, le temps de survie médian résiduel est la différence (M_i) entre le temps de survie médian de la population à risque à la date considérée ($t_{Si/2}$) et la date déjà atteinte par ces individus (t_i).

Figure III-3 : Détermination de la survie médiane résiduelle



(5) Tests d'équivalence des survies selon les classes

Cette approche produit une approximation purement empirique des fonctions de hasard et de survie qui est donc *a priori* proche de la réalité. Mais, elle modélise difficilement l'effet des covariables. Dans notre application, seuls des tests ont pu être mis en œuvre pour examiner les relations entre les durées et les covariables.

Les tests d'équivalence des survies entre classes sont basés sur les tableaux de contingence à chaque date t_i , à partir desquels sont testées les différences entre le nombre d'interruptions observées dans une classe j : $d_j(t_i)$ et le nombre d'interruptions prédites $\hat{e}_j(t_i)$ à partir de l'estimation d'une survie commune à toutes les classes.

Le tableau de contingence dans le cas d'une variable dichotomique à la date t_i est :

Événement	Classe 1	Classe 0	Total
Interruption	$d_1(t_i)$	$d_0(t_i)$	$d(t_i)$
Non interruption	$n_1(t_i) - d_1(t_i)$	$n_0(t_i) - d_0(t_i)$	$n(t_i) - d(t_i)$
Population à risque	$n_1(t_i)$	$n_0(t_i)$	$n(t_i)$

L'estimation du nombre d'interruptions dans la classe 1 à chaque date t_i est :

$$\hat{e}_1(t_i) = \frac{n_1(t_i) d(t_i)}{n(t_i)}$$

Et la variance de $d_1(t_i)$ est usuellement estimée par (Hosmer et Lemeshow, 1999) :

$$v_1(t_i) = \frac{n_1(t_i) n_0(t_i) d(t_i) (n(t_i) - d(t_i))}{n^2(t_i) (n(t_i) - 1)}$$

Ainsi, la statistique de test suivante suit un chi-deux à 1 degré de liberté :

$$Q = \frac{\left[\sum_{i=1}^m w_i (d_1(t_i) - \hat{e}_1(t_i)) \right]^2}{\sum_{i=1}^m w_i^2 \hat{v}_1(t_i)}$$

où t_m est la dernière date observée.

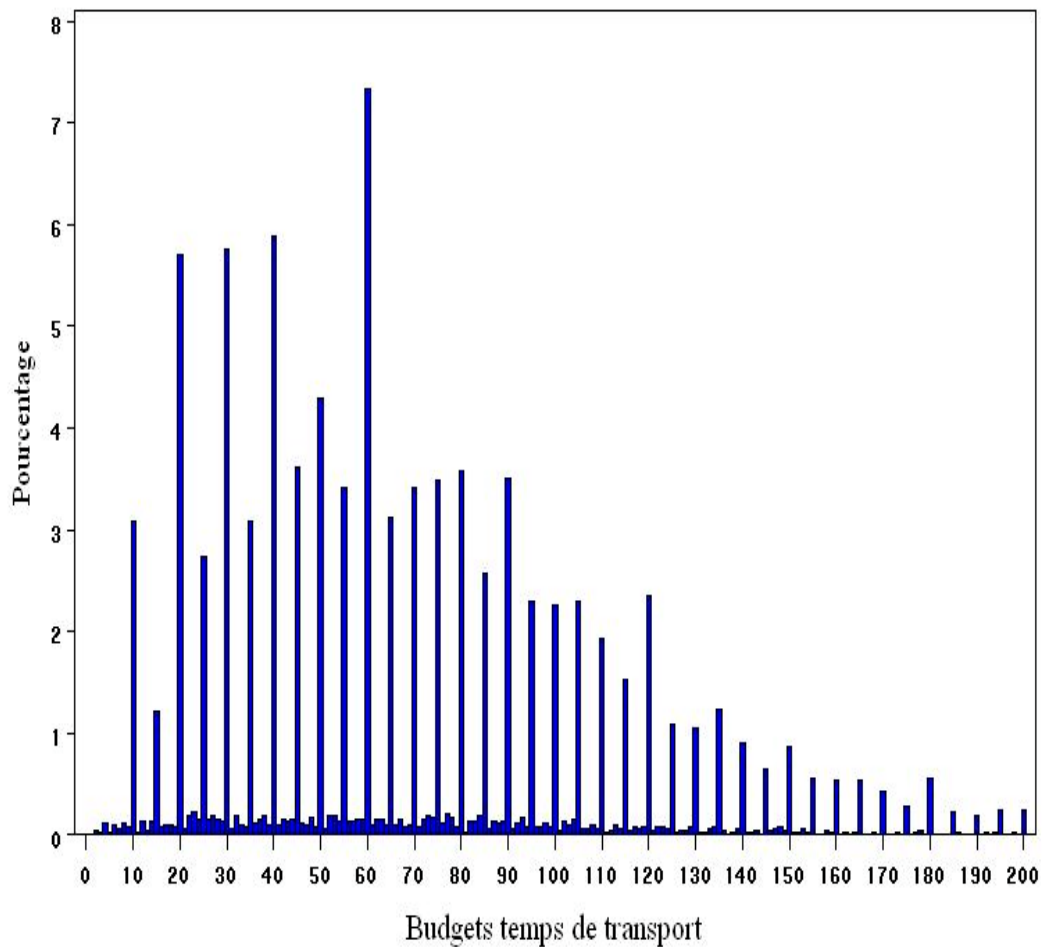
Selon les pondérations choisies w_i , plusieurs versions du test peuvent être déduites. Les pondérations sont le plus souvent fixées à 1. Il s'agit alors du test du *log-rank*. Le test de Wilcoxon (ou Wilcoxon généralisé) correspond à des pondérations égales à la population à risque à chaque date. Le choix de ces pondérations influence le résultat du test, dans la mesure où elles privilégient certaines différences entre les survies selon la proximité avec le début ou la fin du processus. Ainsi, les pondérations du test *log-rank* privilégient les différences de survies apparaissant au début du processus. Et le test de Wilcoxon privilégie les différences de survies des dates proches de la fin du processus.

L'estimation non-paramétrique constitue un outil particulièrement adapté pour l'examen de la distribution des durées, ainsi que du comportement des probabilités conditionnelles. Il s'agit sans aucun doute du meilleur outil d'analyse de la dynamique temporelle d'un processus. Toutefois, les capacités prédictives d'un tel modèle sont relativement réduites. En effet, les impacts des covariables sur la distribution ne peuvent être quantifiés par cette méthode. Seuls des tests d'équivalence des distributions entre sous-populations peuvent être menés.

2. Résultats de l'estimation non-paramétrique des budgets-temps de transport

La méthode des tables de survie constitue une première exploration de la distribution des durées. Rappelons que la méthode des tables de survie est appliquée dans l'estimation non-paramétrique en raison de la présence d'arrondis des horaires déclarés (figure III-4). Elle est une transposition de la méthode d'estimation de Kaplan-Meier au cas de durées regroupées en intervalles. Un très grand nombre de durées de transport obtenues sont des multiples de 5 min. En conséquence, nous avons donc défini des intervalles de 5 min pour regrouper les temps déclarés autour de ces multiples, et ainsi obtenir une description relativement précise du processus dans le temps, par des pas de 5 min. Les estimations des fonctions de hasard et de survie sont obtenues pour les milieux des intervalles.

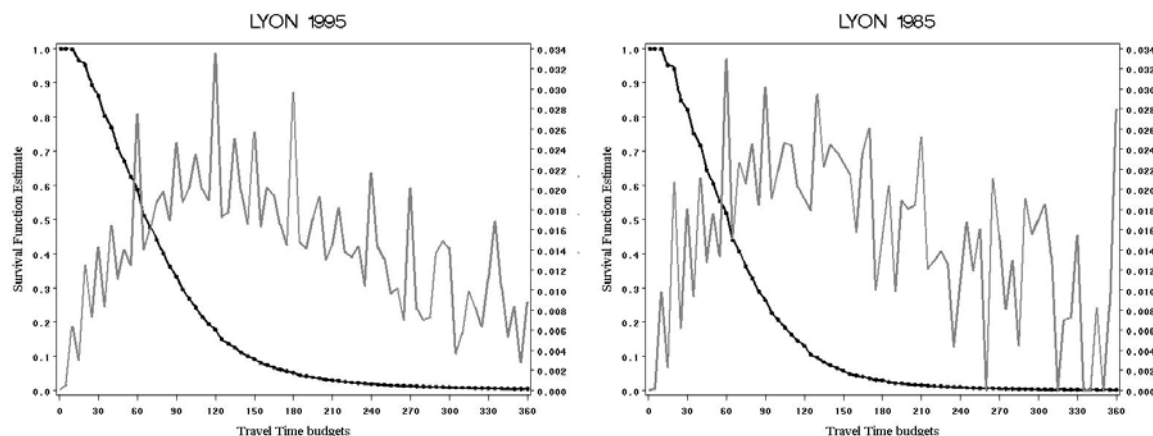
Figure III-4 : Présence d'arrondis dans les temps de transport déclarés



Source Joly (2005)

Les figures III-5 (a-h) présentent les fonctions de survie et de hasard résultant de l'estimation non-paramétrique, pour les différentes villes et périodes de notre base de données. Le meilleur ajustement étant celui pour Lyon 1995, nous le présentons plus en détails. De façon générale, une même forme se distingue des figures. La courbe de survie est caractérisée par deux inflexions. La première, aux alentours de 20 min pour Lyon 1995, correspond au budget-temps de transport minimum déclaré par la plupart des individus (un seul aller-retour). Cependant, le niveau exact de ce budget-temps de transport minimum est fortement influencé par les arrondis pratiqués dans les déclarations des temps de transport par déplacement. L'impact des arrondis est d'autant plus fort que les durées reportées sont faibles. La seconde inflexion, près de 120 min pour Lyon, correspond à un renversement de la probabilité conditionnelle d'interruption. A partir d'un budget-temps de transport de 2 h, cette probabilité conditionnelle d'interruption, le hasard, est décroissante et la survie est alors convexe.

Figures III-5 (a et b) : Courbes de survie et de hasard pour le budget-temps de transport pour Lyon



Figures III-5 (c et d) : Courbes de survie et de hasard pour le budget-temps de transport pour Grenoble

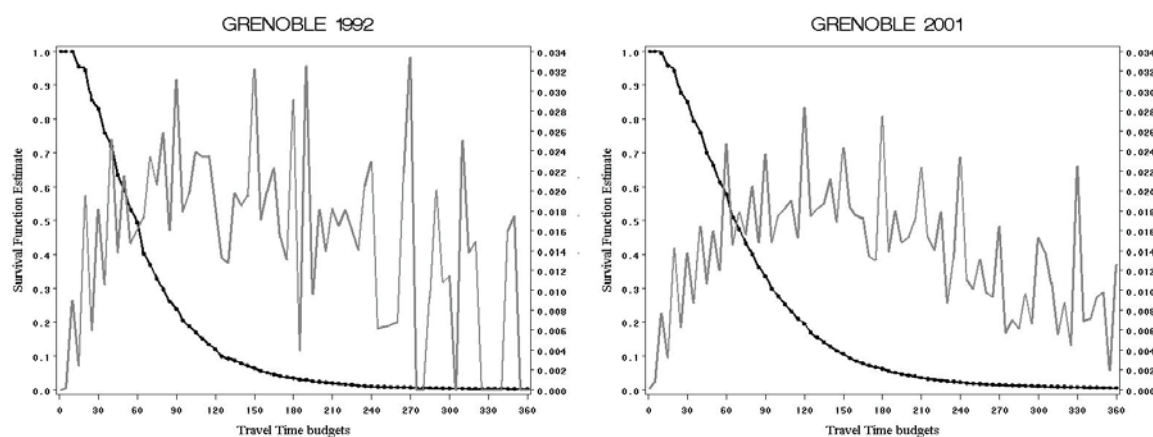
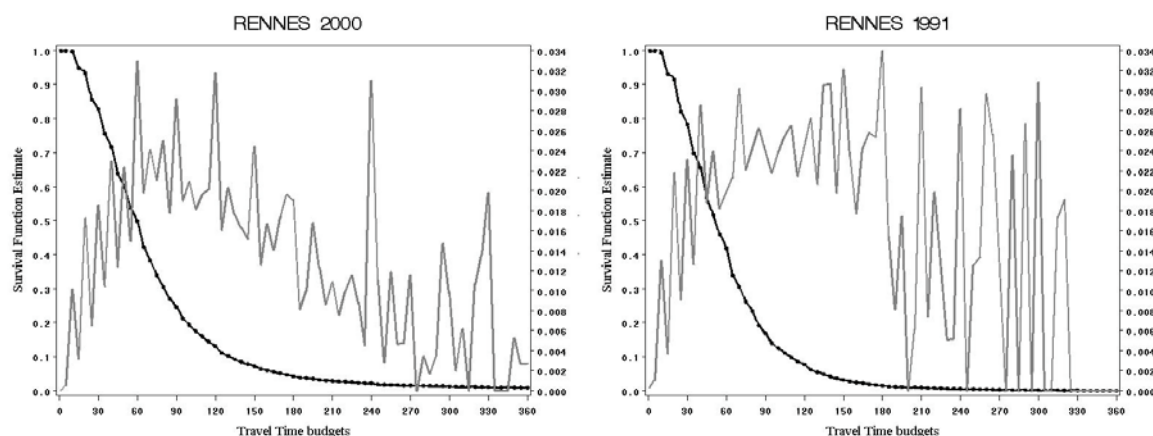
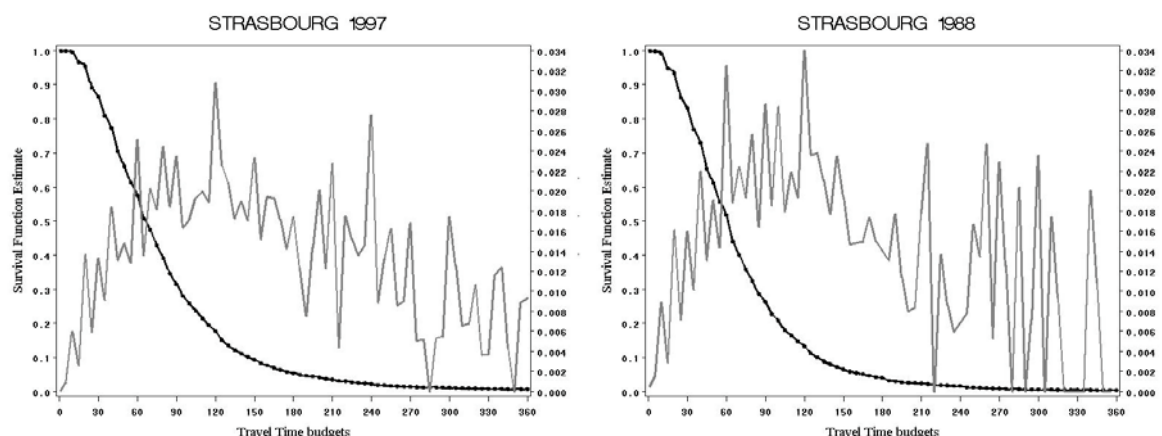


Figure III-5 (e et f) : Courbes de survie et de hasard pour le budget-temps de transport pour Rennes

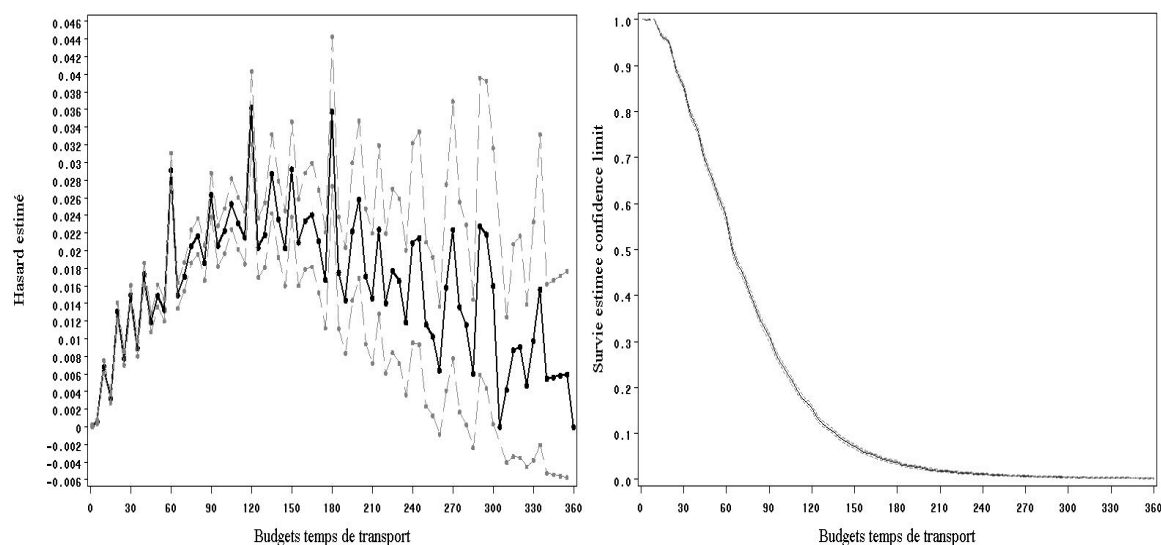


Figures III-5 (g et h) : Courbes de survie et de hasard pour le budget-temps de transport pour Strasbourg



La courbe de hasard est caractérisée par des pointes à 1, 2 et 3 heures qui résultent des arrondis des temps déclarés. La courbe de hasard présente une forme concave non-monotone. Le hasard est croissant jusqu'à 100 min, puis stable et décroissant. Pour les budgets-temps de transport les plus élevés, le hasard varie fortement. Ceci s'explique par la réduction de l'échantillon tout au long du processus. Pour Lyon, le hasard au-delà de 200 min est estimé sur une population à risque représentant une très faible proportion de l'échantillon (moins de 5 %). Toutefois, la décroissance du hasard semble robuste. En effet, les intervalles de confiance à 95 % soutiennent les formes de la survie et du hasard obtenues sur l'échantillon de Lyon 1995 (figures III-6).

Figures III-6 : Hasard et survie estimés et leurs intervalles de confiance à 95%



La forme de la courbe de hasard estimé suggère que les distributions permettant des hasards non-monotones seront des distributions appropriées pour le modèle pleinement paramétrique. De plus, les tests graphiques, basés sur la linéarité des transformations du hasard intégré⁸⁵,

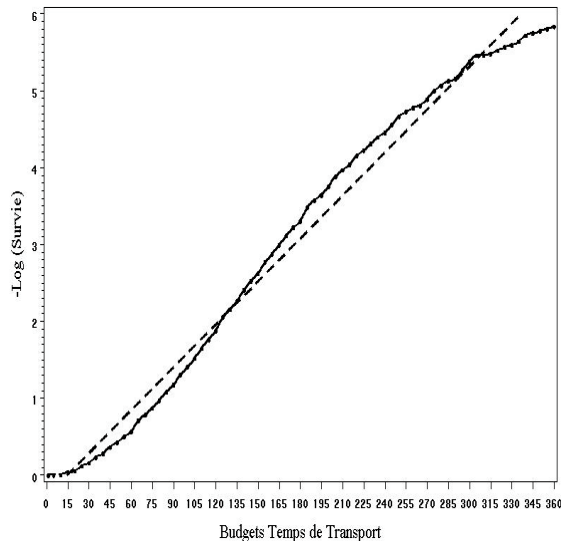
⁸⁵ Ces tests des distributions sont présentés dans la partie suivante présentant l'estimation paramétrique.

semblent rejeter les hasards constants et monotones correspondant aux hypothèses de distributions exponentielle et Weibull.

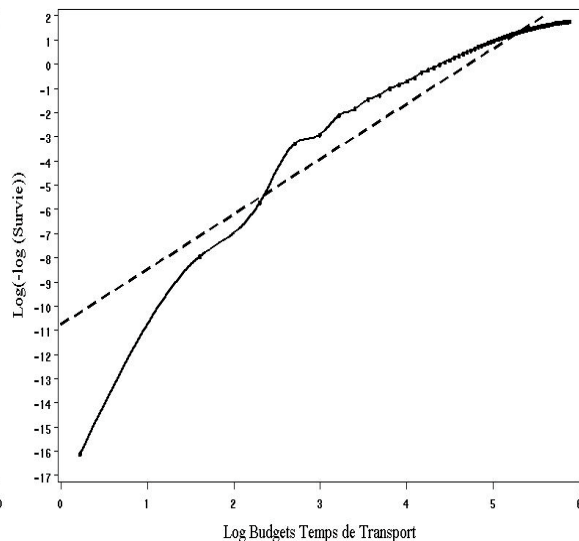
Pour l'estimation sur Lyon, le hasard estimé (figure III-5) et la transformation du hasard intégré estimé indiquent une forme non-monotone comme, par exemple, celle permise par la distribution log-logistique testée dans la figure III-7 (c).

Figures III-7 (a,b,c) : Courbes des transformations du hasard intégré estimé ($-\text{Log}(S)$; $\text{Log}(-\text{Log}(S))$; $\text{Log}(\text{Exp}(-\text{Log}(S)))$)

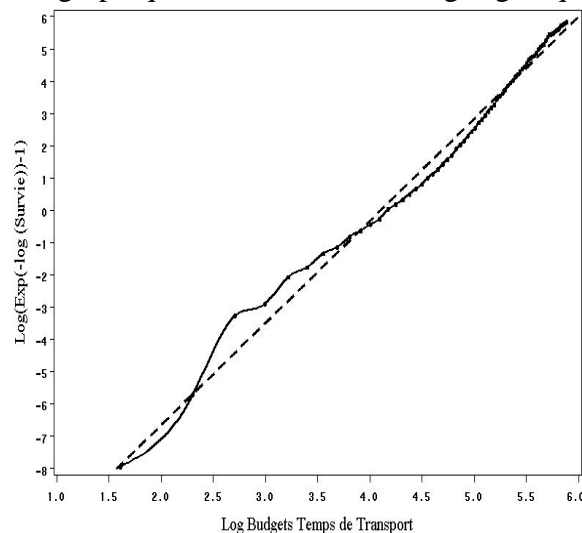
Test graphique de la distribution Exponentielle



Test graphique de la distribution Weibull



Test graphique de la distribution log-logistique



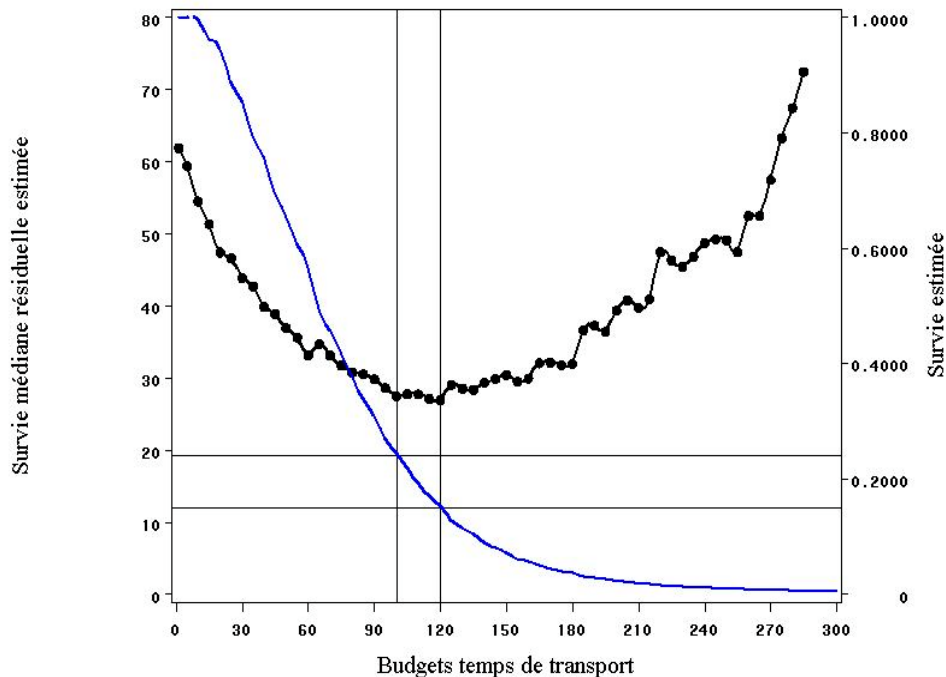
Une interprétation de la survie peut être faite par la survie médiane résiduelle estimée⁸⁶. Elle est assimilable à une estimation du temps de transport restant à chaque date. Cette estimation est réalisée par la médiane qui produit un budget-temps de transport moins sensible aux budgets-temps de transport élevés que la moyenne.

Là encore, une même forme se dégage des estimations sur les 14 échantillons à notre disposition. Les temps de survie médians résiduels estimés sont présentés dans les figures III-

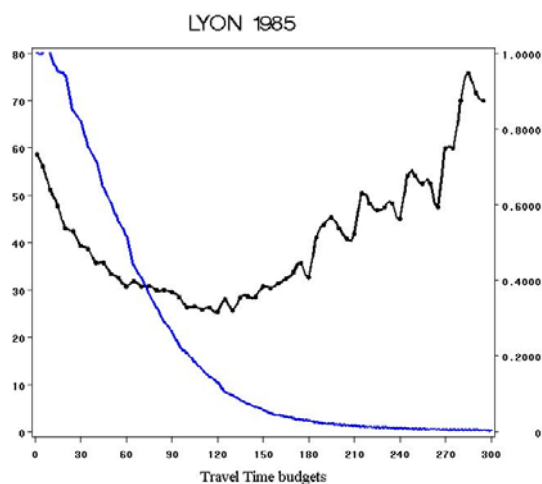
⁸⁶ Par définition, le temps de survie médian résiduel estimé donne le temps de transport résiduel partageant la population à risque à chaque date en deux groupes de même taille. 50% de la population à risque de la date considérée atteindra donc ce temps de survie résiduel.

8 (a-h). Pour chaque date t , la survie médiane résiduelle approche le temps de survie estimé restant, sachant que le processus a duré jusqu'en t . Par exemple sur Lyon 1995, pour un budget-temps de transport nul, le temps de survie médian estimé est de 62 min⁸⁷. Il est ensuite décroissant. Mais, il se stabilise entre 100 et 120 min, aux alentours de 27 min. Donc, le temps de transport médian résiduel estimé pour les individus atteignant un budget-temps de transport de 1,5 h est encore d'environ 30 min. Enfin, la survie médiane résiduelle estimée est croissante après 120 min. La superposition avec le graphique de la survie estimée permet de repérer la part de la population initiale qui est à risque à chaque date. Ainsi, 24,5 % des individus atteignent un budget-temps de transport de 100 min, puis 15 % au-delà de 120 min. Enfin, soulignons que l'intervalle de confiance de la survie médiane résiduelle estimée s'élargit pour les temps supérieurs à 120 min (figure III-8a). Ce résultat est dû à la plus grande dispersion des budgets-temps de transport au-delà de 120 min. Il signale que l'interprétation et les prédictions réalisées à partir de cet estimateur sont à prendre avec précaution dès lors qu'elles concernent des durées supérieures à 120 min. Cependant, les bornes de l'intervalle de confiance à 95 % de la survie médiane résiduelle estimée ont elles aussi une forme non-monotone très marquée jusqu'aux environs de 240 min.

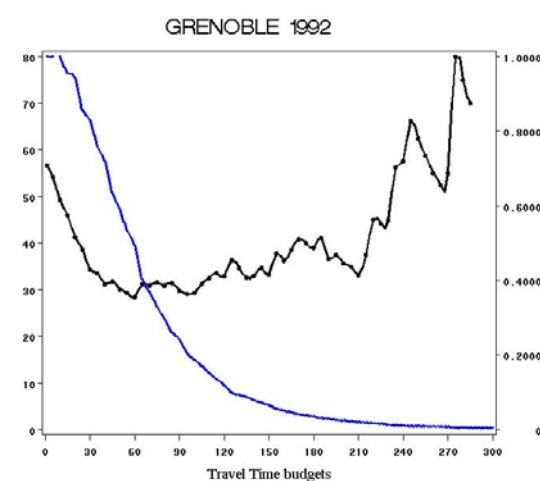
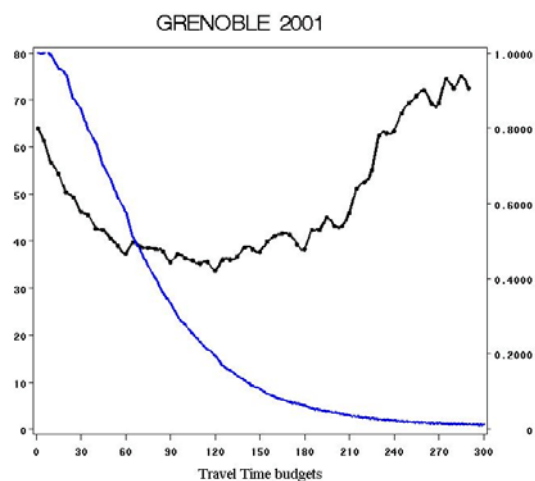
Figures III-8 (a et b) : Budget-temps de transport médian résiduel estimé en min pour Lyon



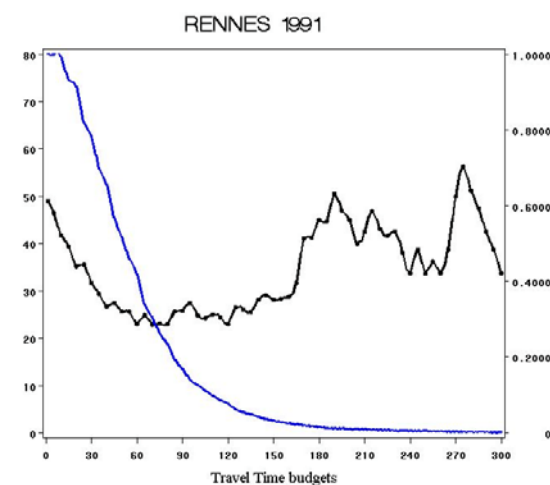
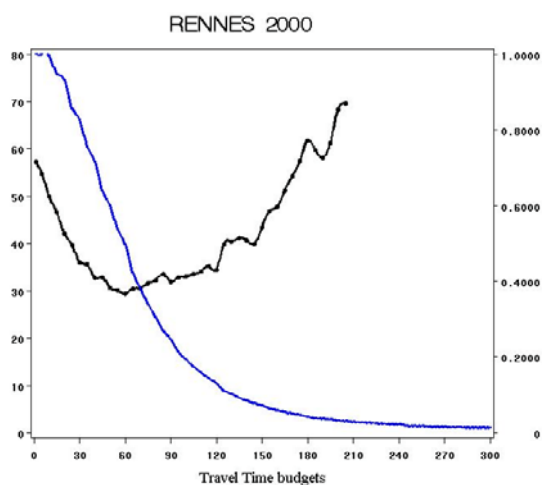
⁸⁷ Cette médiane est nettement inférieure à la moyenne arithmétique, puisque la distribution est asymétrique à droite.



Figures III-8 (c et d) : Budget-temps de transport médian résiduel estimé en min pour Grenoble



Figures III-8 (e et f) : Budget-temps de transport médian résiduel estimé en min pour Rennes



Figures III-8 (g et h) : Budget-temps de transport médian résiduel estimé en min pour Strasbourg

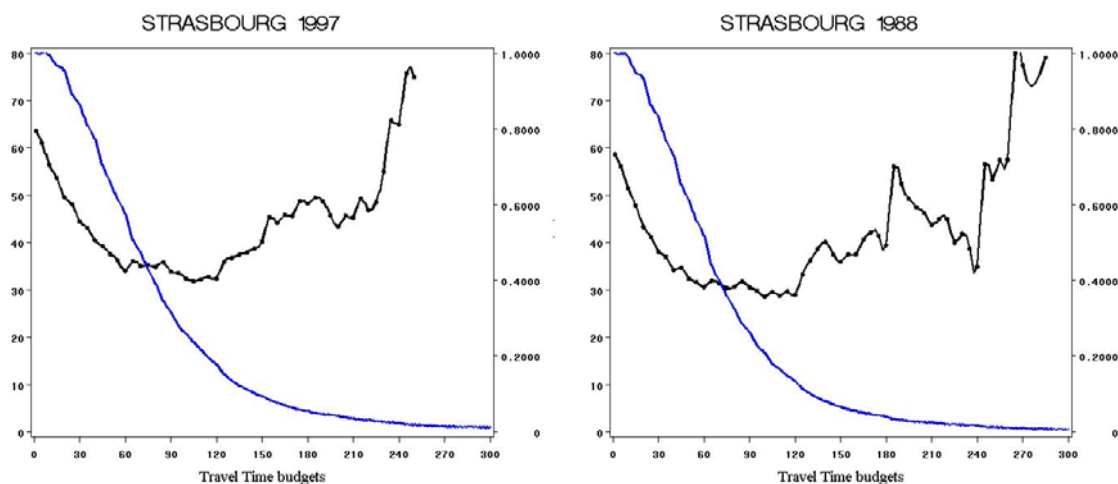
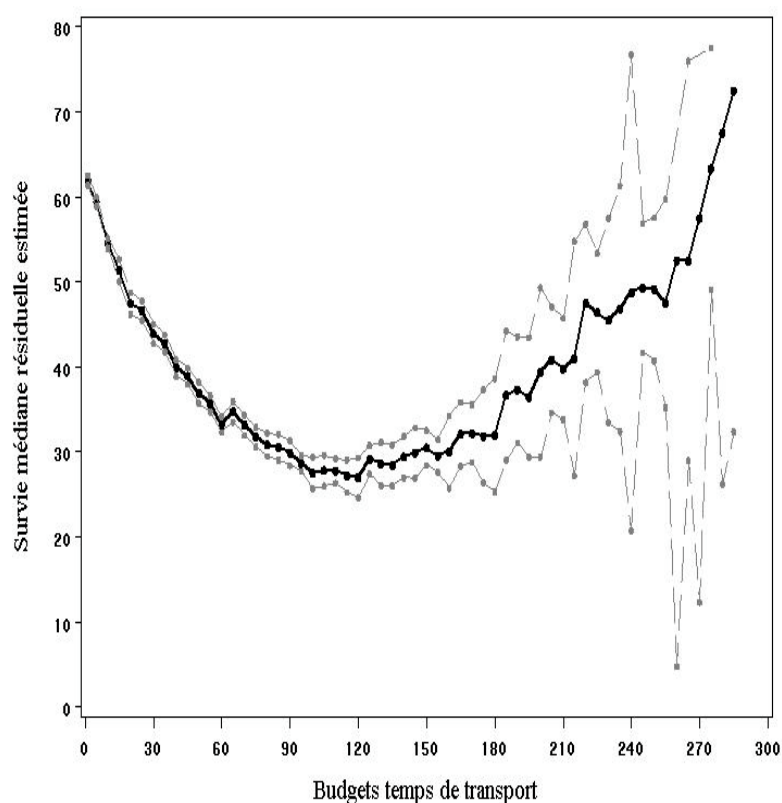


Figure III-9 : Survie médiane résiduelle estimée et intervalle de confiance à 95% pour Lyon 1995



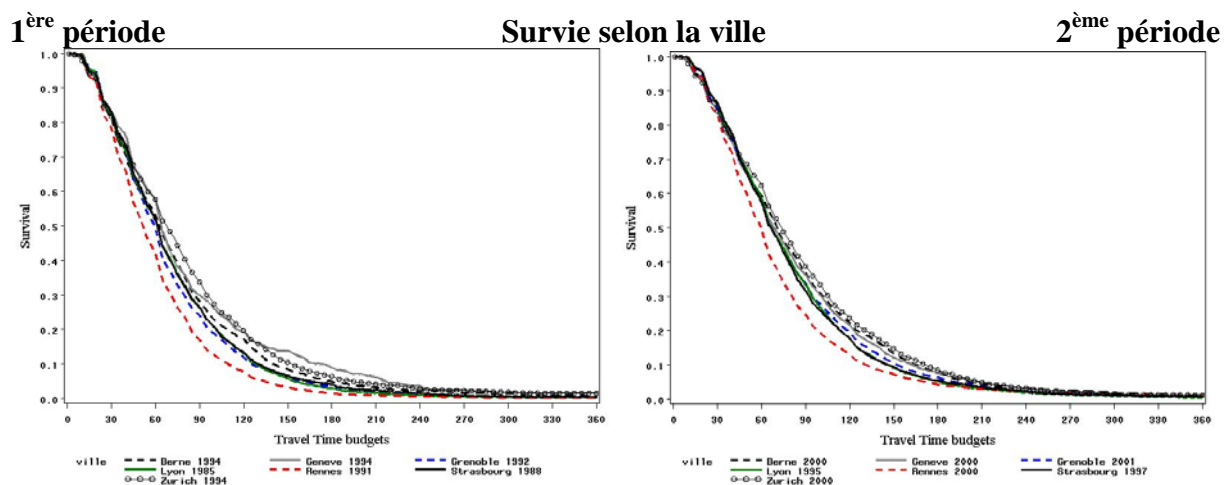
Le taux de hasard et le temps de survie médian résiduel estimés suggèrent une transition dans le comportement d'allocation des temps au transport d'une partie de la population aux alentours de 100 min. Tout se passe comme si, après ce niveau, certains individus ne parvenaient plus à réduire leurs temps de transport. En conséquence, il serait possible de segmenter la population en deux groupes. Ce point de l'interprétation de la forme estimée du hasard sera développé en conclusion, après l'estimation de la forme paramétrique.

Enfin, l'estimation non-paramétrique illustre et teste l'existence de survies distinctes selon les covariables de segmentation. Les formes de ces survies estimées sont proches de la forme générale. Les courbes de survies supérieures correspondent à des budgets-temps de transport plus élevés en moyenne.

a) Distinction des survies selon les dimensions spatiales

Les survies caractérisant la dynamique des budgets-temps de transport sont estimées et comparées entre échantillons. Ainsi, l'équivalence des survies est testée entre les villes suisses, puis les villes françaises et enfin entre toutes les villes et périodes. Une différence significative est obtenue pour chacun de ces trois test. Les dynamiques temporelles des distributions sont distinctes selon la ville et la période (cf. figures III-10).

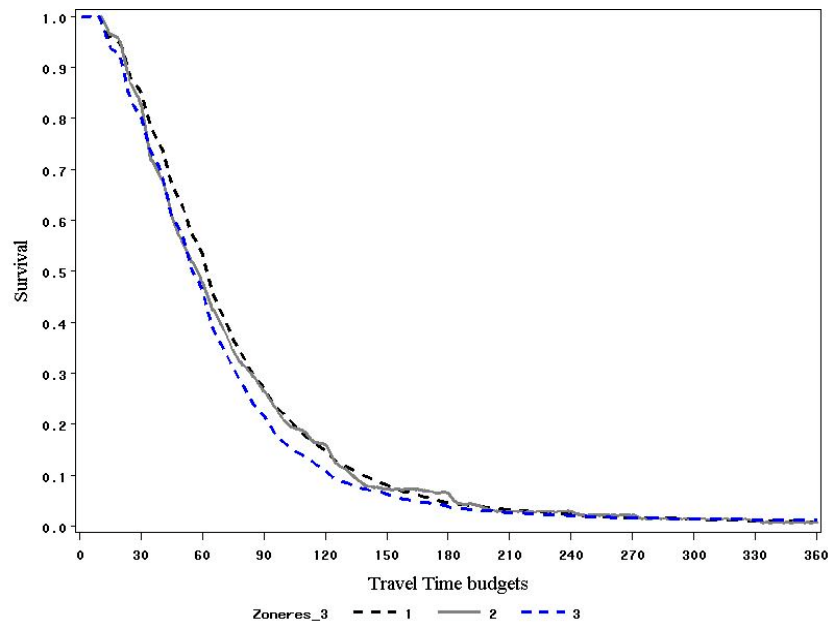
Figures III-10 : Courbes de survies selon la ville et la période



L'équivalence des survies selon la localisation résidentielle en zone centrale, suburbaine ou périurbaine est ensuite testée. Les dynamiques des BTT pour les résidents de chacune de ces trois zones sont significativement distinctes lorsque l'échantillon des 14 enquêtes ou celui des villes françaises sont considérés. Par contre, la distinction n'apparaît pas significative pour l'échantillon des villes suisses.

Ce dernier test semble donc indiquer que les BTT des résidents des centres-villes français sont animés par une dynamique temporelle (une distribution conditionnelle) nettement distincte de celles des résidents du suburbains ou du périurbain. L'allocation des temps aux transports semble donc être différentes selon le lieux de résidence.

Figure III-11 : Survie selon la zone de résidence pour Rennes 2000



b) Distinction des survies selon les dimensions socio-économiques

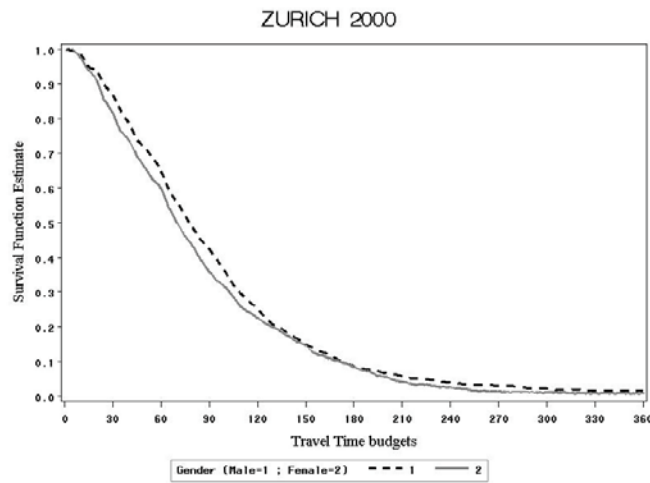
Les tests d'équivalence des survies estimées sur chaque échantillon, selon les variables socio-économiques révèlent les variables suivantes comme significatives, en termes d'effet sur la distribution des budgets-temps de transport : le sexe, l'âge, la possession du permis de conduire, le statut professionnel, le taux de motorisation, la taille du ménage et le nombre d'enfants.

Les graphiques suivants illustrent ses survies distinctes pour différents échantillons.

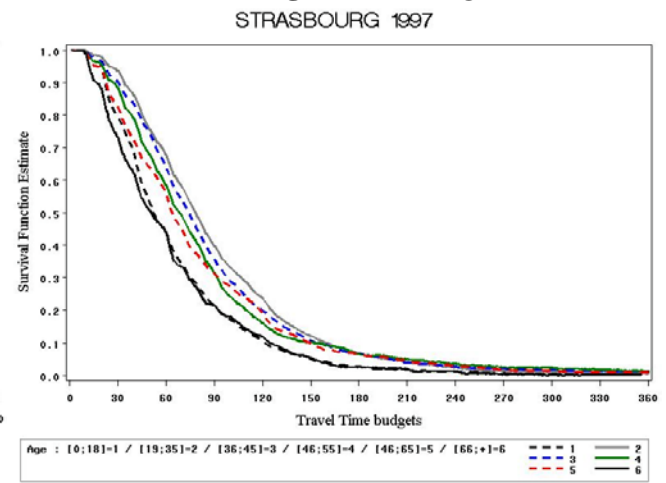
Une différence de survie entre homme et femme est observée au-delà d'environ 60 min (pour Lyon 1995). Elle peut s'expliquer par le fait que les femmes consacrent plus de temps aux activités liées aux responsabilités du ménage (Niemeier et Morita, 1996). Les résultats de l'analyse de survie de ces auteurs montrent notamment, que les femmes rentrent à domicile plus tôt que les hommes et qu'elles ont des temps de transport quotidiens plus courts. Les individus d'âge compris entre 20 et 50 ans présentent les budgets-temps de transport les plus élevés. Alors que les jeunes (moins de 20 ans) ont la survie la plus basse, les individus de plus de 50 ans sont caractérisés par une survie intermédiaire. Les actifs sont caractérisés par une courbe de survie supérieure à celles des autres statuts professionnels. En conséquence, les actifs ont en moyenne des budgets-temps de transport plus élevés. Alors que les écoliers et les femmes au foyer ont les survies les plus basses, donc des budgets-temps de transport plus faibles en moyenne. Le nombre d'enfants réduit les budgets-temps de transport. Les membres de ménage à hauts-revenus sont associés à des budgets-temps de transport légèrement plus élevés. Les possesseurs du permis de conduire ont en moyenne des budgets-temps de transport plus élevés. Enfin, les courbes de survies selon le jour de déplacement indiquent que les budgets-temps de transport sont, en moyenne, croissants du lundi au vendredi.

Figures III-12 : Courbes de survies par variables de classification

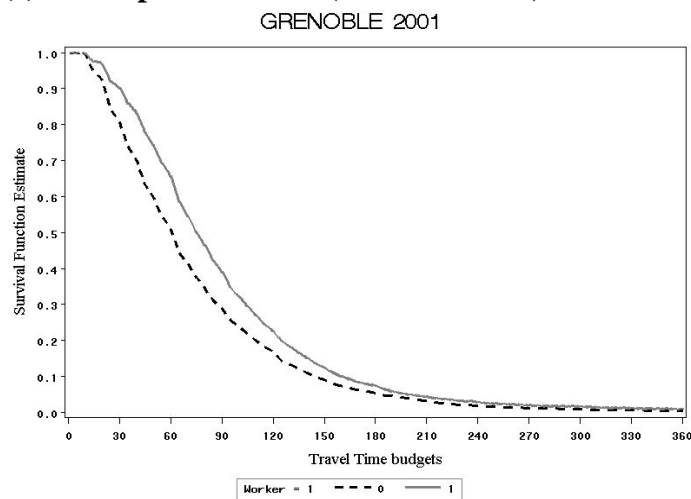
(a) Genre (Zurich 2000)



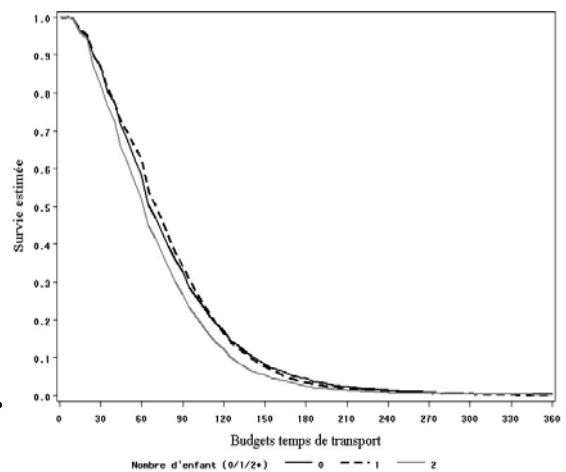
(b) Classe d'âge (Strasbourg 1997)



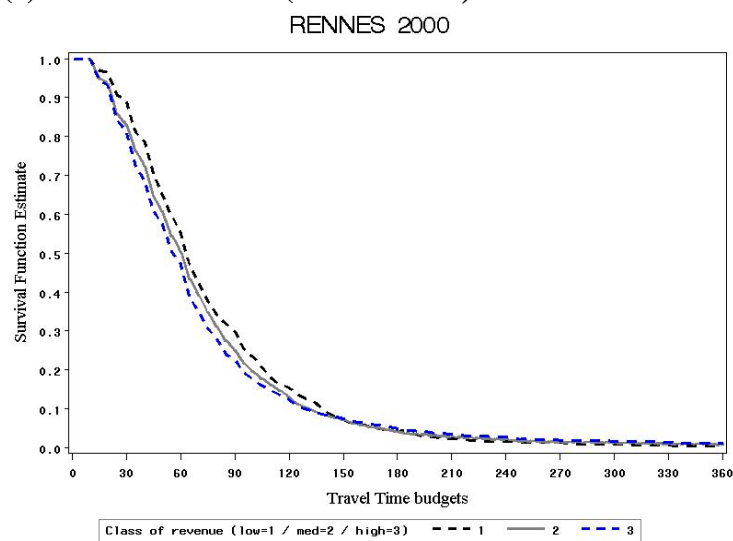
(c) Statut professionnel (Grenoble 2001)



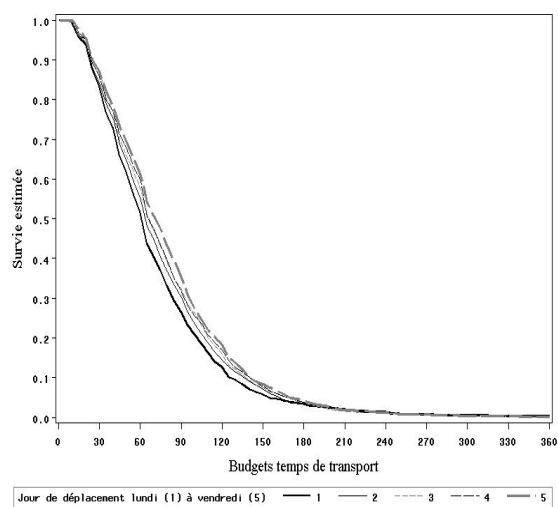
(d) Nombre d'enfants (Lyon 1995)



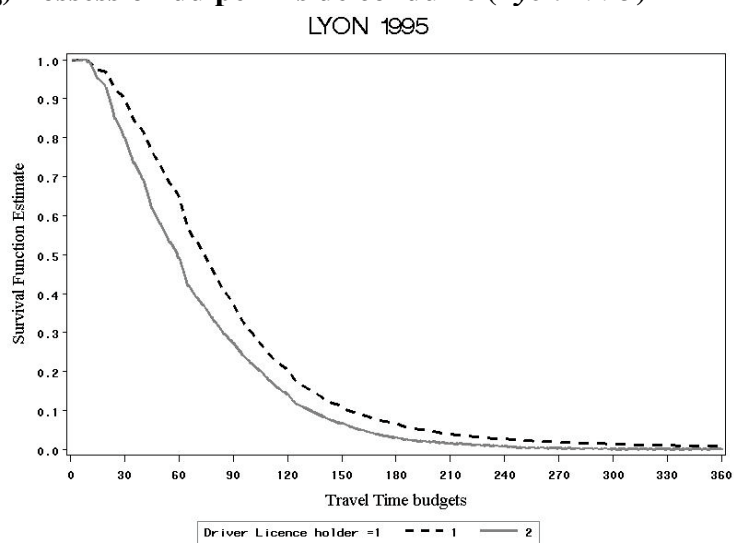
(e) Classe de revenu (Rennes 2000)



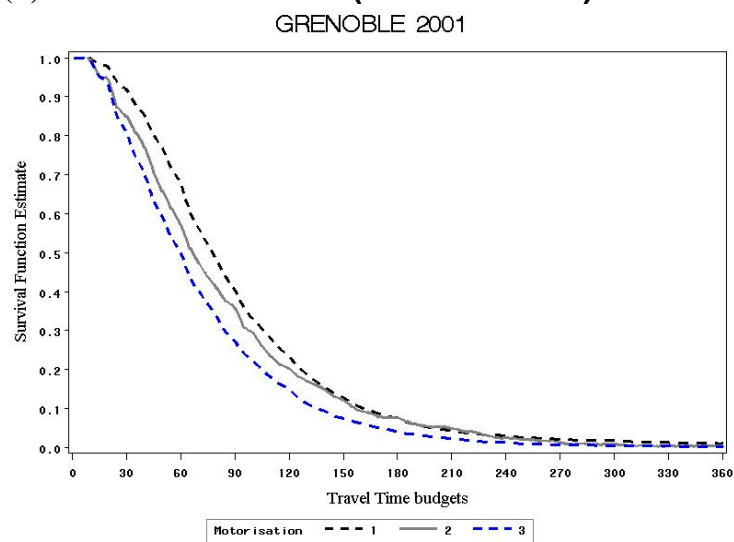
(f) Jour de déplacement (Lyon 1995)



(g) Possession du permis de conduire (Lyon 1995)



(h) Taux de motorisation (Grenoble 2001)



Toutefois, ces tests restent unidimensionnels. Les intuitions qu'ils permettent d'illustrer doivent être examinées et quantifiées en tenant compte de l'ensemble des covariables disponibles. Pour cela, nous estimons dans la partie suivante un modèle de Cox qui est multidimensionnel et ne nécessite aucune hypothèse sur la distribution du hasard et de la survie.

Cette estimation non-paramétrique estime et identifie clairement une forme de hasard non-monotone. La probabilité conditionnelle d'interruption du processus de mobilité quotidienne n'est pas simplement croissante en fonction du temps déjà écoulé. Pour Lyon, au-delà de 100 min de déplacement quotidien, cette probabilité atteint son maximum et décroît. La partie décroissante de la survie caractérise environ 20 % des individus de l'échantillon.

Ce groupe d'individus semble exprimer une gestion du temps différente. Ils semblent être dans des situations de mobilité pour lesquelles les budgets-temps de transport élevés sont plus fortement probables. A chaque date, nous pouvons estimer le budget-temps de transport médian restant. Ainsi, les individus dépassant les 100 min de transport quotidien ont un budget-temps de transport médian restant estimé d'au moins 30 min, voire un budget-temps de transport restant espéré croissant au-delà de 120 min.

L'estimation de survies distinctes pour les segmentations selon les covariables testées indiquent l'allure des effets de ces covariables sur le budget-temps de transport. Et les tests univariés réalisés indiquent la significativité des distinctions de survies pour les covariables.

Ces résultats sont à la base de la sélection des variables introduites dans les modèles paramétriques et semi-paramétriques. Et le hasard estimé non-monotone portera notre attention plus particulièrement vers les distributions permettant les formes non-monotones, telles que les distributions log-logistique, log-normale et gamma-généralisée.

3. Les modèles de régression paramétrique - modèles à durée de vie accélérée et modèles à hasards proportionnels

Dans l'objectif de modéliser la distribution de la durée de transport en fonction de variables exogènes deux types de modèles de régression paramétriques peuvent être utilisés : le modèle à durée de vie accélérée ou le modèle à hasards proportionnels. Ces deux modèles se distinguent par les hypothèses qu'ils formulent sur la spécification de la relation entre la durée et les covariables. Le modèle à durée de vie accélérée suppose un effet multiplicatif direct sur la durée. Le modèle à hasards proportionnels suppose un effet multiplicatif sur le hasard.

Comme nous allons le voir, le modèle à durée de vie accélérée propose la forme la plus flexible, mais reste dépendant de la validité de la distribution choisie. Son estimation pleinement paramétrique sera réalisée par la technique du maximum de vraisemblance. Le modèle à hasards proportionnels impose une contrainte supplémentaire sur la forme du hasard estimé. Cependant, cette forme particulière permet l'estimation du modèle par la méthode semi-paramétrique de Cox basée sur la vraisemblance partielle de Cox, qui ne nécessite pas la spécification de la distribution des durées. Ce type de modèles sera aussi estimable par maximum de vraisemblance si la distribution supposée soutient l'hypothèse de proportionnalité des hasards.

a) Modèle à durée de vie accélérée - Modèle log-linéaire

Les modèles paramétriques supposent une structure log-linéaire du modèle. Le logarithme de la durée (T) est modélisé par :

$$\ln t = g(X, \beta) + \sigma \varepsilon$$

où X est la matrice composée des vecteurs colonne des covariables, β est le vecteur colonne des coefficients associés aux covariables et ε est un terme d'erreur dont nous supposons la distribution connue (par exemple, distribution normale, logistique ou distribution à valeurs extrêmes) et dont dépendront les fonctions décrivant la distribution de la durée T .

Selon le domaine d'application, la fonction $g(X, \beta)$ est spécifiée différemment. Par exemple, les formes suivantes sont généralement utilisées en sciences physiques :

$$g(X, \mu \beta) = \mu + (\ln X) \beta \quad (\text{quand } X \text{ est un voltage})$$

$$g(X, \mu \beta) = \mu + (1/X) \beta \quad (\text{quand } X \text{ est une température})$$

La spécification la plus courante en économie est la suivante :

$$g(X, \mu \beta) = \mu + X\beta \quad (\text{eq. 1})$$

Elle permet une interprétation aisée des coefficients estimés. Si $X=0$, alors μ représente l'indicateur de localisation de la variable aléatoire $\ln(T)$ ($E(g(X, \mu\beta)) = \mu + E(X\beta)$). Et les coefficients donnent les variations de $E[\ln T / X]$.

La forme linéaire ($X\beta$) permet une estimation aisée des coefficients par maximum de vraisemblance. Et la transformation logarithmique assure la positivité des valeurs prédites. La durée, T , s'exprime alors comme la transformation suivante de ε , qui autorise une grande liberté pour la relation entre T et les covariables : $t = \exp\{g(X, \beta)\} \cdot (\exp\{\varepsilon\})^\sigma$

Par construction, ce modèle considère que les covariables affectent directement le temps de survie :

$$\sigma \varepsilon = \ln(t \cdot \exp\{-g(X, \mu \beta)\})$$

En posant $\lambda = \exp\{-g(X, \mu \beta)\} = \exp\{-X\beta\}$ ⁸⁸ (Cox et Oakes, 1988), λ a un rôle de facteur d'échelle. Si $\lambda > 1$, l'échelle de temps est accélérée. Et elle est ralentie si $\lambda < 1$. Les covariables expliquent une survie plus ou moins longue⁸⁹.

Dans ce modèle la fonction de survie est de la forme :

$$S(t|X) = S_0(t \exp\{-X\beta\})$$

où $S_0(t) = S(t|X=0)$ est la fonction de survie de référence qui est donnée par la distribution supposée de la durée. De plus, la fonction de hasard correspondante est donnée par :

$$\begin{aligned} h(t|X) &= \frac{-\partial S(t|X)/\partial t}{S(t|X)} = -\frac{d \ln S(t)}{dt} \\ &= h_0(t \exp\{-X\beta\}) \cdot \exp\{-X\beta\} \end{aligned}$$

Le hasard de référence est fonction de l'interaction entre la durée et les variables exogènes. L'interprétation des coefficients estimés peut se faire par le ratio des durées pour les variables dichotomiques (par exemple, pour une covariable binaire X_i) :

⁸⁸ Dans cette expression, le signe négatif du vecteur des coefficients découle de la construction du modèle. De plus, il permet l'interprétation directe des coefficients en termes d'effet sur la durée. Pour son interprétation en termes d'effet sur le hasard, l'opposé du coefficient doit être considéré. Par exemple, un coefficient positif aura un effet négatif sur le hasard. Il réduit donc la probabilité d'interruption et par conséquent, allonge la durée de survie.

⁸⁹ Allison (1995, p.62) utilise l'image du rapport entre l'âge d'un chien et l'âge d'un homme qui vaut $\lambda=7$: 1 an humain pour 7 ans canins.

$$\frac{E[T|X_1 = 1]}{E[T|X_1 = 0]} = \frac{E[\exp\{\mu + \beta_1 + \sigma\varepsilon\}]}{E[\exp\{\mu + \sigma\varepsilon\}]} = \exp\{\beta_1\}$$

ou en termes relatifs pour les variables continues car :

$$\frac{\partial \ln t}{\partial X_k} = \beta_k$$

b) Modèle à hasards proportionnels

Nous avons vu que les modèles paramétriques imposent une distribution *a priori* aux durées. Le modèle à hasards proportionnels ajoute une décomposition de la fonction de hasard de la forme suivante :

$$h(t/X) = h_0(t) \cdot g(X, \beta)$$

où $h_0(t)$ est la fonction de hasard de référence. Et $g(X)$ est la fonction des effets des covariables. $h_0(t)$ et $g(X, \beta)$ sont telles que le taux de hasard, $h(t)$ est positif. Et $h(t) = h_0(t)$ quand $g(X, \beta) = 1$ et $g(X=0, \beta) = 1$.

$h_0(t)$ est uniquement fonction du temps de survie et représente la variation de la probabilité conditionnelle d'interruption dans le temps indépendamment des covariables. La forme de cette fonction de référence sera déduite de la fonction de distribution supposée des durées. Comme nous le verrons, cette propriété de décomposition des effets du temps et des covariables n'est pas soutenue par l'ensemble des distributions. Seules les distributions exponentielle et Weibull supportent le modèle à hasards proportionnels, les autres distributions conduisant à un modèle à durée de vie accélérée.

$g(X, \beta)$ modifie le hasard de référence, $h_0(t)$, en fonction des covariables. Généralement cette fonction des covariables est définie comme : $g(X, \beta) = \exp(X\beta)$ (Cox, 1972)⁹⁰.

Le modèle estimé est :

$$\ln h(t) = \ln h_0(t) + X\beta$$

La séparation de l'effet du temps et des effets des covariables conduit le modèle à hasards proportionnels à supposer la proportionnalité des taux de hasards de deux individus, i et j , ayant des attributs différents. Etant donné que les effets des covariables ne sont pas dépendants du temps, le rapport des hasards de deux individus, i et j est :

$$\frac{h_i(t)}{h_j(t)} = \frac{h_0(t) \cdot g(X_i, \beta)}{h_0(t) \cdot g(X_j, \beta)} = \frac{h_0(t) \cdot \exp\{X_i \beta\}}{h_0(t) \cdot \exp\{X_j \beta\}} = \exp\{(X_i - X_j) \beta\}$$

L'estimation directe du hasard produit d'une part, les paramètres de la fonction de distribution des durées et donc ceux du hasard de référence $h_0(t)$, et d'autre part, les coefficients β associés aux covariables⁹¹. Cependant, l'élimination du hasard de référence dans l'expression du quotient de hasards offre aussi la possibilité d'estimer les coefficients associés aux covariables par la vraisemblance partielle de Cox. L'expression de cette dernière est un

⁹⁰ L'estimation dans le modèle de Cox se concentre sur le hasard. De ce fait, le signe positif du vecteur de coefficients permet une interprétation en termes d'effets des covariables sur le hasard. L'opposé du coefficient donne donc l'impact sur la durée.

⁹¹ L'élimination du hasard de référence dans l'expression du quotient de hasards offre la possibilité d'estimer les coefficients associés aux covariables par la vraisemblance partielle de Cox. L'expression de cette dernière est un produit de quotients de hasards et ne nécessite donc pas l'estimation des attributs d'une distribution supposée.

produit de quotients de hasards et ne nécessite donc pas l'estimation des attributs d'une distribution supposée.

Ces coefficients estimés peuvent s'interpréter, soit en termes d'effet sur le ratio des hasards, soit par l'effet de la covariable sur le logarithme du hasard, donc en variation relative du hasard :

$$\frac{\partial \ln h(t)}{\partial X_k} = \frac{\partial \ln [h_0(t) \cdot g(X, \beta)]}{\partial X_k} = \frac{\partial \ln g(X, \beta)}{\partial X_k} = \frac{\partial \ln(\exp\{X\beta\})}{\partial X_k} = \beta_k$$

Ainsi, pour une variable dichotomique, un coefficient estimé $\beta = \ln(2)$ s'interprétera de préférence en termes de rapport de hasards. Le hasard évalué pour une modalité de la covariable est deux fois plus grand que le hasard pour l'autre modalité. Pour une variable quantitative, un coefficient positif implique alors qu'une augmentation de la covariable associée augmente le taux de hasard⁹² et diminue en conséquence le temps de survie estimé. Ainsi, si la covariable j augmente de 1 unité, alors le hasard varie de $100(e^{\beta_j} - 1)\%$.

(1) Test de l'hypothèse de proportionnalité des hasards

Le modèle de Cox repose sur l'hypothèse de proportionnalité des hasards. Il est donc nécessaire de tester la validité de cette hypothèse.

La structure du modèle à hasards proportionnels suppose que pour deux individus 1 et 2 caractérisés par X_1 et X_2 , la relation entre leurs hasards peut être définie par :

$$h_1(t/X_1) = \delta h_2(t/X_2)$$

où δ est une constante de proportionnalité. Nous avons vu que le taux de proportionnalité (δ) de ces taux de hasard est une fonction des différences de caractéristiques des individus.

Cette hypothèse de proportionnalité conduit à des survies liées par :

$$S_1(t/X_1) = [S_2(t/X_2)]^\delta$$

En conséquence, la proportionnalité des hasards peut être testée graphiquement en représentant soit la transformation des survies suivante⁹³ :

$$\log[-\log S_1(t/X_1)] = \log(\delta) + \log[-\log S_2(t/X_2)]$$

soit la transformation des hasards :

$$\log[h_1(t/X_1)] = \log(\delta) + \log[h_2(t/X_2)]$$

Pour chaque transformation, les courbes des survies ou des hasards ne diffèrent que de la constante, $\log \delta$. Leurs représentations graphiques face à $\ln t$ seront alors des droites parallèles, si les hasards estimés vérifient l'hypothèse de proportionnalité

⁹² Le signe moins devant le β dans la fonction $g_0(\cdot)$.

⁹³ Il s'agit aussi d'une transformation du hasard intégré, qui se définit par $H(t/X) = -\log S(t/X)$

Figure III-13 : Illustration de hasards proportionnels

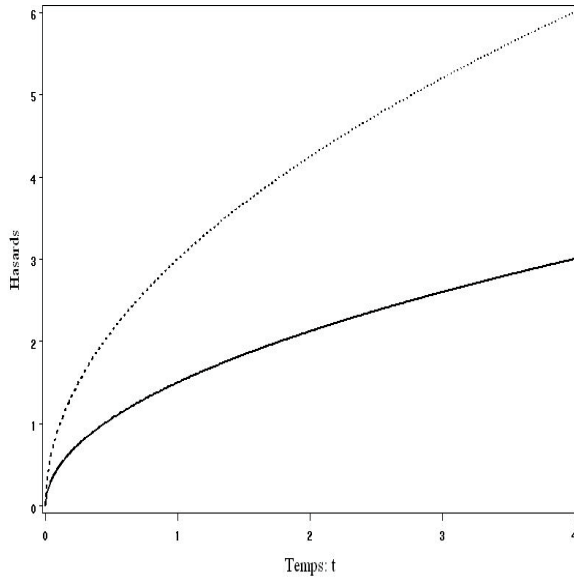
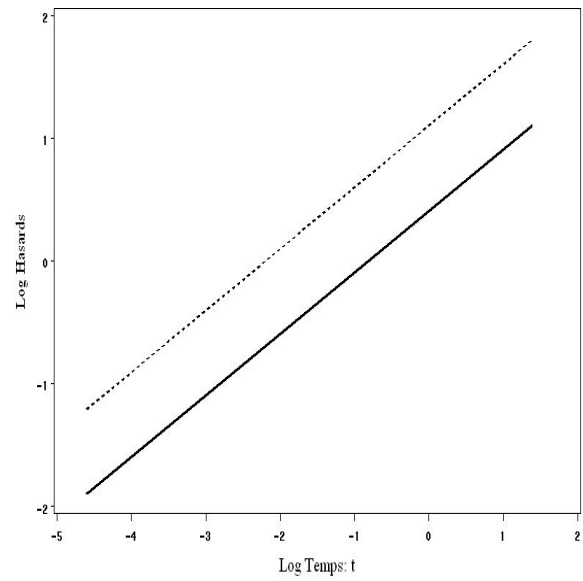


Figure III-14 : Test de proportionnalité par les logarithmes des hasards



(2) Estimations par maximum de vraisemblance et maximum de vraisemblance partielle

L'estimation de ces modèles paramétriques est réalisable par la méthode du maximum de vraisemblance. Nous laissons au lecteur le soin de consulter les ouvrages de référence sur les principes et les propriétés du maximum de vraisemblance⁹⁴. Dans un premier temps, nous présentons ici les fonctions de vraisemblance et de log-vraisemblance estimées dans le cadre des modèles à durée de vie accélérée, dont les expressions en présence d'observations censurées divergent de la forme classique. Ensuite, nous présentons l'estimation semi-paramétrique par le maximum de la vraisemblance partielle de Cox.

(3) Estimation paramétrique

L'approche paramétrique suppose une distribution *a priori* des résidus du modèle : $\ln t = X\beta + \sigma\varepsilon$, où ε est le terme d'erreur. De la même façon que dans un modèle linéaire standard, les résidus sont supposés suivre une loi de distribution connue de moyenne et de variance constante entre observations. Nous supposons connaître la fonction de distribution $F(\varepsilon)$, la densité $f(\varepsilon)$ et la fonction de survie $S(\varepsilon)$ caractérisant la distribution de ε . La présence du paramètre σ simplifie l'estimation du modèle car il permet de fixer la variance des résidus à une valeur standard, σ étant adapté afin de compenser les variations des variances d'un échantillon à un autre.

A partir de la distribution supposée des résidus et par changement de variable nous pouvons déduire l'expression de la densité de la durée :

$$\begin{aligned} f_t(t) &\equiv f_\varepsilon(\varepsilon = g(t)) \cdot \frac{\partial g(t)}{\partial t} \\ &= \frac{1}{\sigma} \frac{1}{t} f_\varepsilon\left(\frac{\ln t - X\beta}{\sigma}\right) \end{aligned}$$

⁹⁴ Greene (1997), chap. 4.

où $\varepsilon = g(t) = \frac{\ln t - X\beta}{\sigma}$

Ainsi, si toutes les durées t_i sont observées, la vraisemblance de l'échantillon s'écrit :

$$L = \prod_{i=1}^N f_t(t_i)$$

Dans le cas de censure à droite, en indexant par $j=1, \dots, J$ les observations complètes et par $k=1, \dots, K$ les observations censurées à droite, la vraisemblance est donnée par :

$$L = \prod_{j=1}^J f_t(t_j) \prod_{k=1}^K S_t(t_k)$$

Soit en logarithme :

$$\begin{aligned} \ln L &= \sum_{j=1}^J \ln f_t(t_j) + \sum_{k=1}^K \ln S_t(t_k) \\ &= \sum_{j=1}^J \ln(h_t(t_j)S_t(t_j)) + \sum_{k=1}^K \ln S_t(t_k) \\ &= \sum_{j=1}^J \ln h_t(t_j) + \sum_{i=1}^N \ln S_t(t_i) \\ &= \sum_{i=1}^N [\delta_i \ln h_t(t_i) + \ln S_t(t_i)] \end{aligned}$$

où

$$\delta_i = \begin{cases} 1 & \text{si l'observation est complète} \\ 0 & \text{si l'observation est censurée à droite} \end{cases}$$

Comme nous l'avons déjà évoqué, selon le type de distribution supposée pour la distribution de référence des durées, le modèle estimé pourra être un modèle à durée de vie accéléré ou un modèle à hasards proportionnels.

(4) Estimation semi-paramétrique du modèle à hasards proportionnels

Le modèle dit de Cox permet de réaliser l'estimation d'un modèle à hasards proportionnels, sans spécifier la distribution des durées. Contrairement aux approches plus classiques utilisées dans la régression ordinaire ou les modèles à durée de vie accélérée, cette méthode ne modélise pas l'effet direct des covariables sur la valeur de la variable aléatoire, mais leur effet sur la valeur de la fonction de hasard.

En notant les événements observés par ordre d'apparition, $t_1 < \dots < t_K$ et $X_{(k)}$ le vecteur de variables exogènes de l'individu dont le temps d'interruption est égal à t_k , et $R_{(ti)}$, l'ensemble des individus à risque à t_i , la vraisemblance partielle de Cox est donnée par :

$$PL(\beta) = \prod_{k=1}^K \frac{h_{(k)}}{\sum_{i \in R(t_k)} h_{(i)}} = \prod_{k=1}^K \frac{\exp\{X_{(k)}\beta\}}{\sum_{i \in R(t_k)} \exp\{X_{(i)}\beta\}}$$

L'expression de la vraisemblance partielle diffère de la vraisemblance classique par l'index du produit et la probabilité considérée. Ici le produit est réalisé sur les événements et non sur les individus. Et la probabilité considérée est celle qu'un individu donné subisse l'événement

k considéré, sachant qu'il fait partie de la population à risque à cette date⁹⁵. Cette probabilité est donnée par le ratio des hasards.

Pour les détails de la maximisation de cette vraisemblance et l'introduction de la censure, le lecteur pourra se référer à Kalbfleisch et Prentice (1980).

L'estimation semi-paramétrique est basée sur une fonction de vraisemblance partielle qui ne dépend que des paramètres associés aux variables exogènes. Ainsi l'approche semi-paramétrique complète l'approche non-paramétrique, qui ne permet d'analyser que la distribution des durées et révèle donc uniquement des informations relatives aux formes des fonctions de hasard et de survie.

Le modèle de Cox offre une alternative satisfaisante à l'estimation paramétrique pour l'estimation des effets des variables exogènes sans prendre de risque sur la distribution des durées. L'usage de la fonction de vraisemblance partielle proposée par Cox (1972) évite donc les risques d'une mauvaise spécification. Dans ce cas, la qualité de l'estimation des effets des covariables est considérée plus robuste dans cette approche que dans l'approche pleinement paramétrique dont la distribution supposée est erronée (Oakes, 1977). Par contre, ce type d'estimation produit théoriquement des estimateurs dont les variances sont plus élevées que ceux produits par un modèle pleinement paramétrique dont la distribution des durées est connue. Cependant, plusieurs études ont montré que cette la perte d'efficacité des estimateurs reste réduite (Hensher et Mannering, 1994). Efron (1997) et Oakes (1977) ont obtenu des matrices de variance-covariance des estimateurs du modèle de Cox proches de ceux du modèle pleinement paramétrique.

En définitive, le modèle de Cox peut être appliqué sans perte dommageable d'efficacité des estimateurs. Mais, il exclut l'estimation directe de la fonction de hasard de référence et ne permet pas de considérer la dynamique du processus. De plus, cette estimation semi-paramétrique repose sur l'hypothèse forte de proportionnalité des hasards.

Cette approche peut être complétée par l'estimation non-paramétrique pour obtenir un estimateur de la fonction de survie. Dans le modèle à hasards proportionnels, la survie en t pour un individu caractérisé par X peut s'écrire :

$$S(t)=[S_0(t)]^{\exp\{X\beta\}}$$

où $S_0(t)$ est la fonction de survie de référence, qui est la valeur de la survie pour un individu dont les covariables sont toutes nulles. Après avoir estimé les coefficients β par maximisation de la vraisemblance partielle, un estimateur de $S_0(t)$ peut être obtenu par la méthode non-paramétrique. Ainsi un estimateur de la survie peut être reconstitué. Par convention, la survie estimée est évaluée au point moyen des covariables.

A l'aide de cette estimation « mixte » nous pouvons réaliser les tests relatifs à la forme du hasard et les analyses des résidus, tous deux présentés dans la partie suivante consacrée à l'approfondissement de l'estimation paramétrique.

c) Présentation des distributions usuelles

Nous avons vu que les modèles paramétriques reposent sur l'hypothèse d'une distribution des durées. Cependant, ils offrent une grande variété de formes pour les fonctions de hasard et de survie. Selon la distribution supposée, ils permettent de considérer que les covariables agissent directement sur la durée du processus ou sur le hasard de référence. Enfin, la

⁹⁵ Voir Collet (1994) pour plus de détails

spécification complète des fonctions de hasard et de survie permettra de produire des prévisions.

Les distributions usuelles pour les durées sont présentées dans le tableau III-4. Chacune est déterminée à partir de la distribution supposée du terme d'erreur du modèle log-linéaire de la durée. Le tableau III-4 présente les correspondances entre la distribution des résidus et la distribution des durées⁹⁶.

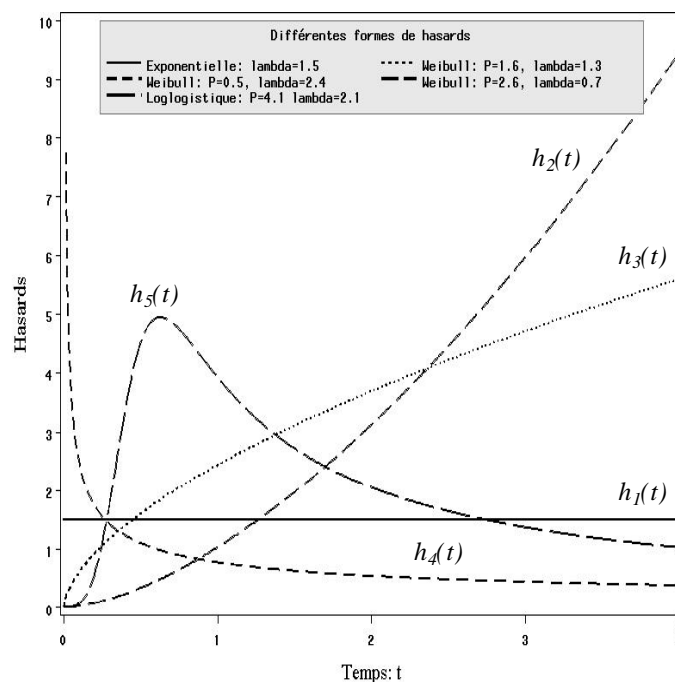
Tableau III-4 : Distributions des résidus et distributions des durées

Distribution des résidus (ε)	Distribution des durées (T)	Type de modèle
Valeurs extrêmes à 1 paramètre	Exponentielle	HP et durée de vie accélérée
Valeurs extrêmes à 2 paramètres	Weibull	HP et durée de vie accélérée
Logistique	Log-logistique	Durée de vie accélérée
Normale	Log-normale	Durée de vie accélérée
Log Gamma à 3 paramètres	Gamma généralisée	Durée de vie accélérée

HP : hasards proportionnels

Ces différentes distributions permettent l'ajustement de nombreuses formes de hasards. Par exemple à partir des hasards les plus simples, comme ceux des modèles exponentiel, Weibull et log-logistique, le hasard peut être constant, croissant, décroissant, concave, convexe et non-monotone (figure III-15). Le hasard exponentiel ($h_1(t)$) est constant et caractérise donc les processus indépendants du temps. Le hasard Weibull ($h_2(t)$, $h_3(t)$, $h_4(t)$) est monotone. S'il est positif, alors plus longtemps un individu reste dans un état, plus la probabilité d'en sortir est grande. Enfin, le hasard log-logistique ($h_5(t)$) permet les formes monotones et non-monotones selon variance de la variable aléatoire caractérisée. La dynamique temporelle décrite révèle deux phases. Dans un premier temps, la probabilité de sortie est croissante. Ensuite, cette probabilité décroît, l'individu voit sa probabilité de sortie se réduire avec le temps écoulé.

Figure III-15 : Exemples de formes de hasard correspondant aux distributions : exponentielle ($h_1(t)$), Weibull ($h_2(t)$, $h_3(t)$, $h_4(t)$), log-logistique ($h_5(t)$)



⁹⁶ Allison (1995), p. 66.

Le hasard de la distribution exponentielle est constant. La distribution Weibull est une généralisation de la distribution exponentielle. Elle est plus flexible pour capturer la dynamique temporelle, mais reste limitée aux formes monotones. Enfin, la distribution log-logistique permet des formes de hasards non-monotones et l'interprétation de ces coefficients est relativement simple. De ce fait elle est souvent utilisée comme une approximation de la distribution log-normale ou gamma généralisée.

Ainsi, connaissant la fonction de densité de ε et par changement de variable, nous pouvons déduire la fonction de densité caractérisant la distribution de T .

Pour la présentation des différents modèles, nous posons : $\lambda = \exp\{-g(X, \beta)\}$, $g(X, \beta) = X\beta$ et $p = 1/\sigma$.

(1) Modèle Exponentiel

Le modèle exponentiel impose la contrainte $\sigma = 1$. Le terme résiduel ε suit une distribution à valeurs extrêmes standard (ou distribution de Gumbel ou encore distribution à double exponentielle) caractérisée par la densité : $f_{\varepsilon}(\varepsilon) = \exp\{\varepsilon - \exp(\varepsilon)\}$ et une survie : $S_0(\varepsilon) = \exp\{-\exp(\varepsilon)\}$. Ce qui signifie que $\ln T$ sachant X suit la même distribution. Et T a une distribution exponentielle de paramètre λ .

Le modèle exponentiel est caractérisé par les fonctions suivantes.

La fonction de densité exponentielle :

$$f_t(t) = \lambda \cdot \exp\{-\lambda t\}$$

La fonction de répartition :

$$F(t) = 1 - \exp\{-\lambda t\}$$

La fonction de survie :

$$S(t) = \exp\{-\lambda t\}$$

La fonction de hasard :

$$h(t) = \lambda$$

La fonction de hasard intégré :

$$H(t) = \lambda t$$

Le hasard est constant et indépendant de la durée du processus. Ainsi, le modèle exponentiel supporte la forme d'un modèle à hasards proportionnels. Le coefficient de proportionnalité δ de eq. 37 est donné par $\delta = \lambda$. De plus, par construction du modèle, les covariables ont un effet direct sur la durée. Le modèle exponentiel est aussi un modèle à durée de vie accélérée.

Les coefficients β estimés sont interprétables en termes d'effet sur le logarithme de la durée. Donc, $\exp\{\beta\}$ est l'effet de la covariable associée sur la durée. Et $\exp\{-\beta\}$ pourra s'interpréter directement en termes d'effet sur le hasard.

(2) Modèle Weibull :

Le modèle Weibull relaxe la contrainte sur σ et suppose une distribution des résidus ε à valeurs extrêmes standard : $S_0(\varepsilon) = \exp\{-\exp(\varepsilon)\}$.

Ainsi, la distribution de T est une distribution de Weibull de paramètres de forme, $p = 1/\sigma$ et d'échelle λ .

Nous obtenons :

$$f_t(t) = \lambda \cdot p \cdot (\lambda t)^{p-1} \cdot \exp\{-(\lambda t)^p\}$$

$$F(t) = 1 - \exp\{-(\lambda t)^p\}$$

$$S(t) = \exp\{-(\lambda t)^p\}$$

$$h(t) = \lambda \cdot p \cdot (\lambda t)^{p-1}$$

$$H(t) = (\lambda t)^p$$

Le hasard Weibull est monotone et décroissant avec t si $\sigma > 1$. Et il est monotone croissant et convexe, si $0 < \sigma < 0,5$ et monotone croissant concave si $0,5 < \sigma < 1$. Pour $\sigma = 1$, nous retrouvons le hasard exponentiel. Enfin, il correspond à une ligne droite passant par l'origine si $\sigma = 0,5$.

Le modèle Weibull est, par construction, un modèle à durée de vie accélérée. Et son hasard peut être décomposé en isolant les effets de t et les effets des covariables, λ . Par conséquent, c'est aussi un modèle à hasards proportionnels de coefficient de proportionnalité, $\delta = \lambda^p$.

Les coefficients β seront interprétables en termes d'effet sur le hasard après transformation par $\exp\{-\beta\}$. Et les tests de significativité seront valables pour les coefficients et leurs transformations. Enfin, la transformation du hasard par le logarithme montre que ce coefficient σ peut s'interpréter comme l'élasticité du hasard par rapport au temps.

(3) Modèle log-logistique

Le modèle log-logistique suppose que les résidus, et donc $\ln T$ sachant X , suivent une distribution logistique :

$$S_0(\varepsilon) = \frac{1}{1 + \exp\{\varepsilon\}}$$

Ainsi T , suit une distribution log-logistique caractérisée par :

$$f_t(t) = \lambda p \cdot (\lambda t)^{p-1} \cdot (1 + (\lambda t)^p)^{-2}$$

$$F(t) = (1 + (\lambda t)^p)^{-1} - 1$$

$$S(t) = (1 + (\lambda t)^p)^{-1}$$

$$h(t) = \frac{\lambda p \cdot (\lambda t)^{p-1}}{1 + (\lambda t)^p}$$

$$H(t) = \ln(1 + (\lambda t)^p)$$

Ce modèle permet un hasard non-monotone. Lorsque $\sigma < 1$ le hasard passe par l'origine, croît jusqu'à son maximum, puis décroît vers 0. Le maximum est atteint pour $t = [(p-1)^{1/p}]/\lambda$. Quand $\sigma > 1$, le hasard est décroissant convexe, comme le hasard Weibull. Enfin, quand $\sigma = 1$, le hasard prend la valeur de λ en $t=0$, puis converge vers 0. Le ratio des hasards n'est pas constant, cette distribution ne supporte pas la forme des modèles à hasards proportionnels.

En plus des interprétations des coefficients propres aux modèles à durée de vie accélérée, la transformation de la fonction de survie suivante permet d'interpréter les coefficients en termes d'effet sur la côte de la survie⁹⁷ :

$$\begin{aligned}\ln\left[\frac{S(t)}{1-S(t)}\right] &= \ln\left(\left[1 + (\lambda t)^p\right] \cdot \left[1 - \frac{1}{1 + (\lambda t)^p}\right]^{-1}\right) \\ &= \ln((\lambda t)^{-p}) \\ &= -p \ln(\lambda t) \\ &= pX\beta - p \ln t\end{aligned}$$

Nous retrouvons là, les interprétations classiques des coefficients des modèles logistiques.

d) Diagnostique graphique sur la forme du hasard à partir du hasard intégré

Les expressions des hasards intégrés pour les différentes distributions et certaines de leurs transformations permettent de « tester » graphiquement l'adéquation du type de modèle avec l'échantillon. En effet, elles montrent pour chaque modèle des propriétés particulières. Ainsi, l'estimation non-paramétrique de Kaplan-Meier va permettre la recherche de ces propriétés et donc l'identification du modèle paramétrique et de la distribution les plus adaptés à l'échantillon.

Le hasard intégré exponentielle est de la forme :

$$H(t) = \lambda t$$

La représentation graphique du hasard intégré estimé face à t doit être une droite passant par l'origine, si le modèle exponentiel est adapté.

Le hasard intégré Weibull :

$$H(t) = (\lambda t)^p$$

Donc son logarithme est :

$$\begin{aligned}\ln H(t) &= p \ln(\lambda t) \\ &= p \ln t - pX\beta\end{aligned}$$

La représentation graphique de $\ln(\hat{H}(t))$ face à $\ln t$ valide le modèle Weibull si elle à l'allure d'une droite de pente $p=1/\sigma$.

Le hasard intégré log-logistique :

$$H(t) = \ln(1 + (\lambda t)^p)$$

La transformation du hasard intégré suivante :

$$\begin{aligned}\ln(\exp\{H(t)\} - 1) &= p \ln(\lambda t) \\ &= p \ln t - pX\beta\end{aligned}$$

⁹⁷ La côte d'un événement est définie comme le rapport des probabilités de l'événement et de son complémentaire.

conduit à une représentation graphique face à $\ln t$ caractérisée par une droite de pente $p=1/\sigma$, si le modèle log-logistique est adapté à l'échantillon.

e) Qualité d'ajustement

(1) Résidus de Cox-Snell

Nous avons vu précédemment comment « tester » graphiquement l'adéquation entre le type de modèle appliqué et l'échantillon à partir de représentations de transformations du hasard intégré. Cependant, ces résultats reposent sur l'hypothèse d'une homogénéité des individus, impliquant l'indépendance des covariables par rapport au temps. Une solution pour intégrer l'effet des covariables est d'utiliser les indicateurs traditionnels de la qualité d'ajustement : les résidus.

Il existe de nombreuses définitions de résidus pour les modèles de durées (Collet, 1994). En effet, selon la méthode d'estimation utilisée, les modèles ne produisent pas une prédiction de l'espérance de la durée. C'est notamment le cas lors de l'application de la vraisemblance partielle de Cox.

Les résidus retenus habituellement sont ceux de Cox-Snell. Ils sont définis par :

$$e_i = -\ln \hat{S}(t_i | X_i) \equiv \hat{H}(t_i | X_i) \quad (eq. 2)$$

où t_i est la date d'interruption ou la date censurée pour l'individu i . Et X_i est le vecteur des covariables de l'individu i . Cox et Snell (1968) ont montré que si la qualité de l'ajustement est acceptable, alors ces résidus sont approximativement distribués selon une distribution exponentielle de paramètre 1.

(2) Test du rapport de vraisemblances

La comparaison des ajustements des différents types de modèles peut être réalisée par le test classique du rapport de vraisemblances. Cependant, ce test ne peut être réalisé que pour comparer des modèles emboîtés. Ce test ne permet donc pas de comparer l'ajustement du modèle log-logistique avec les autres modèles. En effet, seuls les modèles exponentiels, Weibull et log-normal sont des sous modèles dérivés du modèle gamma généralisé⁹⁸.

La statistique du rapport de vraisemblances est :

$$LR = 2[\log L(\hat{\theta}_{H1}) - \log L(\hat{\theta}_{H0})] \quad (eq. 3)$$

où $\hat{\theta}_{H0}$ et $\hat{\theta}_{H1}$ sont les valeurs de l'ensemble des paramètres qui maximisent la fonction de log-vraisemblance sous les contraintes imposées par les hypothèses du test H_0 et H_1 , respectivement.

Sous H_0 , cette statistique suit une loi de chi-deux dont le nombre de degrés de liberté correspond au nombre de restrictions indépendantes dans H_0 .

Les restrictions de la distribution gamma généralisée suivantes sont applicables⁹⁹ :

⁹⁸ Greene (1997), chap. 4, p. 161 ; Allison, (1995)

⁹⁹ La distribution gamma généralisée possède deux paramètres : σ et δ . Sa densité est:

$$f(t) = \frac{p\lambda^{\frac{1}{\delta^2}} t^{\frac{1}{\delta^2}-1} \exp\{-(\lambda t)^p\}}{\Gamma\left(\frac{1}{\delta^2}\right)}$$

Tableau III-5 : Distributions obtenues par restrictions de la distribution gamma généralisée

Restrictions	Modèle / distribution	ddl
$\sigma=1$	Gamma standard	1
$\delta=1$ et $\sigma \neq 1$	Weibull	1
$\sigma=1$ et $\delta=1$	Exponentiel	2
$\delta \rightarrow 0$	Log-normal	1

(3) Estimation des quantiles

Enfin, l'estimation paramétrique des durées permet de produire des prédictions. Parmi les indicateurs classiques, les quantiles peuvent être prédits selon la distribution estimée.

Le quantile $q/100$ est défini par :

$$t_q = \{t | S(t) = q/100\}$$

Modèles exponentiel et Weibull

Le modèle exponentiel étant une simplification du modèle Weibull, les quantiles pour le modèle exponentiel seront déduits des quantiles Weibull.

Ainsi le quantile d'ordre q dans le modèle Weibull est donnée par :

$$\begin{aligned} t_q &= \frac{(-\ln S(t_q))^{\frac{1}{\sigma}}}{\lambda} \\ &= (-\ln S(t_q))^{\sigma} \exp\{X\beta\} \end{aligned}$$

D'où la durée médiane : $t_{50} = \frac{(\ln(2))^{\sigma}}{\lambda}$

Pour le modèle exponentiel, les quantiles sont obtenus en posant : $\sigma=1$.

L'effet des covariables sur ce temps de survie médian peut être déterminé. Pour une covariable binaire le ratio des survies médianes est donné par :

$$\frac{t_{50}(X_1 = 1)}{t_{50}(X_1 = 0)} = \exp\{\beta_1\}$$

Pour une variable continue, nous pouvons déduire une évaluation de l'élasticité de la médiane par rapport à la covariable X_k , de :

$$\begin{aligned} \frac{X_k}{t_{50}} \cdot \frac{\partial t_{50}}{\partial X_k} &= X_k \cdot \frac{\partial \ln(t_{50})}{\partial X_k} \\ &= X_k \cdot \frac{\partial (\sigma \ln(\ln(2)) + X\beta)}{\partial X_k} \\ &= X_k \beta_k \end{aligned}$$

Si X_k est le logarithme d'une variable Z_k , alors, le β_k associé correspond à l'élasticité de la médiane par rapport à cette variable Z_k . Cette élasticité est commune à tous les quantiles.

Modèle log-logistique

Pour le modèle log-logistique, les quantiles sont donnés par :

$$t_q = \left(\frac{1-q}{q} \right)^\sigma \frac{1}{\lambda}$$

$$= \left(\frac{1-q}{q} \right)^\sigma \exp\{X\beta\}$$

et la médiane par :

$$t_{50} = \frac{1}{\lambda}$$

Ainsi, pour une covariable binaire le ratio des survies médianes est donné par :

$$\frac{t_{50}(X_1 = 1)}{t_{50}(X_1 = 0)} = \exp\{\beta_1\}$$

L'effet des covariables sur la médiane est :

$$\frac{\partial t_{50}}{\partial X_k} = \beta \exp\{X\beta\}$$

Il s'interprète en termes d'élasticité de la médiane :

$$\frac{\partial \ln(t_{50})}{\partial \ln(X_k)} = \frac{X_k \beta_k}{\exp\{X\beta\}}$$

L'approche paramétrique permet l'estimation simultanée des effets des covariables et du temps écoulé sur la probabilité conditionnelle d'interruption du processus. Cependant, ces méthodes nécessitent d'imposer une forme de distribution pour les fonctions de hasard et de survie de référence. Meyer (1990) a montré que lorsque la forme paramétrique supposée est incorrecte, l'estimation de la fonction de hasard l'est aussi. C'est pourquoi, nous estimons au préalable le modèle à partir des méthodes non-paramétrique et semi-paramétrique afin d'acquérir le plus d'information possible sur les effets des covariables et les propriétés de la forme du hasard.

4. Résultats de l'estimation semi-paramétrique – Modèle de Cox

La méthode de Cox suppose un modèle à hasards proportionnels (HP). Cette estimation se concentre sur les coefficients associés aux covariables et n'estime pas directement les attributs des fonctions de hasard et de survie. Cette méthode d'estimation permet d'intégrer les variables qualitatives, identifiées dans l'étape non-paramétrique ainsi que des variables continues.

Dans le modèle à hasards proportionnels, les estimateurs peuvent être interprétés par le rapport des hasards. Il est défini comme le rapport des hasards évalués pour des valeurs différentes de la covariable considérée. Par exemple, le rapport de hasards pour la variable binaire : vendredi est 0.938. Le hasard pour un individu faisant ses déplacements un vendredi 94 % du hasard des individus se déplacent un autre jour. Les covariables dont le ratio des hasards est inférieur à 1 ($\beta < 0$) réduisent le taux de hasard et en conséquence augmentent la

survie et le budget-temps de transport. Pour les covariables quantitatives, les estimateurs sont interprétables comme la valeur de la dérivée du logarithme du taux de hasard. Une augmentation de 1 min de la durée d'activité conduit à une variation du budget-temps de transport de $100(e^{\beta}-1) \%$.

Deux vagues d'estimations ont été réalisées :

a) Régularités sur l'ensemble des 7 villes

Tout d'abord, une estimation a été menée sur l'ensemble des 14 échantillons, afin de repérer les variables significatives communes à l'ensemble des agglomérations. Ainsi, une variable indicatrice a été introduite par ville et date pour capter des effets fixe des villes. Avec l'indicatrice du pays, ces variables captent les effets fixes régionaux. Les autres variables utilisées sont les attributs des individus, des ménages, de leur mobilité et de leurs programmes d'activités. la sélection des variables les plus significatives parmi toutes celles disponibles est réalisée par une procédure *stepwise* classique. Les estimateurs présentés, dans le tableau suivant, correspondent à variables significatives et communes à tous les échantillons simultanément.

Tableau III-6 : Estimation du modèle de Cox général

	Variables	Ratio des hasards
<i>Effets fixes régionaux</i>	Pays (France)	0.817
	Berne 1994	1.119
	Lyon 1985	1.102
	Lyon 1995	1.067
	Rennes 2000	1.315
	Rennes 1991	1.360
	Strasbourg 1997	1.109
<i>Effets du cycle hebdomadaire</i>	Lundi	1.086
	Vendredi	0.938
<i>Effets des durées d'activités</i>	BT de travail	1.000
	BT de loisir	0.999
	BT d'achat	0.999
<i>Effets des attributs individuels et du ménage d'activités</i>	Genre (Femme)	1.161
	Inactif	1.391
	Ecolier	0.821
	Chômeur	1.230
	Non titulaire du permis	1.096
	Non-motorisé	0.953
	Résident du centre ville	0.967
	Taille du ménage = 1	0.964
	Taille du ménage = 4	0.958
	Taille du ménage = 5	0.905
	Taille du ménage = 6	0.884
	Taille du ménage = 7	0.883

Ils indiquent les effets de dimensions et variables suivantes :

- la dimension régionale apparaît dans le sens où un grand nombre de variables indicatrices, marquant, le pays, la période ou les villes apparaissent comme significatives (Lyon, Rennes, Strasbourg, Berne),
- la dimension temporelle: le jour de réalisation des déplacements enquêtés affecte le BTT. En effet, les coefficients estimés indiquent que les BTT le lundi sont plus faibles que les autres jours et ceux du vendredi sont plus élevés,
- l'influence des programmes d'activités est introduite par les budgets-temps de activités de travail, d'achat et de loisir. Chacune de ces durées s'avère liée aux BTT. L'impact de la durée de travail reste très faible, mais il apparaît que les durées de loisir et d'achat ont un effet positif sur les BTT,
- les attributs individuels révèlent que le hasard des résidents de Lyon, Rennes, pour les deux dates, Strasbourg, 1997 et Berne, 1994 est supérieur à celui des résidents d'autres villes. En conséquence, la survie et le BTT sont plus élevés pour ces villes. L'indicatrice marquant les villes françaises est associée à un coefficient inférieur à 1. Le hasard estimé des villes françaises représente 82% du hasard des villes suisses, donc des BTT plus faibles. Les femmes, les inactifs, les non-possesseurs du permis de conduire ont un hasard plus élevé, donc un BTT plus faible, alors que les scolaires ont un hasard plus faible, donc un BTT plus élevé. La localisation en centre-ville réduit le hasard, donc augmente le BTT.

Cette estimation sur l'ensemble des observations permet de confirmer les effets locaux sur les BTT. La résidence dans une ville ou une autre affecte les dépenses quotidiennes de transport. Notamment, elle confirme la différence de BTT entre résidents français et suisse. Par ailleurs elle met en lumière un certain nombre de variables dont l'effet semble commun à toutes les agglomérations de l'échantillon.

Bien sûr le modèle doit être affiné afin, notamment de repérer les effets de structures des données qui peuvent influencer les résultats. Par exemple, la significativité de l'effet de positif sur les BTT de la localisation en centre-ville découle très certainement de la sur-représentation des résidents français dans l'échantillon.

b) Régularités sur Lyon 1995

Une seconde vague d'estimation s'est concentrée sur le plus grand échantillon local de la base, c'est à dire sur l'EMD de Lyon 1995. L'ensemble de covariables testées diffère légèrement de l'ensemble utilisé précédemment, certaines informations ne sont pas présentes dans toutes les enquêtes que nous utilisons. Trois estimations ont été produites avec différents ensembles de covariables, afin de vérifier la stabilité des estimateurs. Le premier ensemble de covariables (S1) est composé des caractéristiques socio-économiques des individus et des ménages. Le second ensemble (S2) contient S1, ainsi que l'indicatrice d'accompagnement et les durées quotidiennes d'activités : travail (travail à temps plein et partiel et le temps de présence à l'université pour les étudiants) ; loisir (activités sportives, culturelles et sociales hors-domicile) ; et l'activité d'achat. Enfin, l'ensemble S3 ajoute les modes principalement utilisés dans la journée¹⁰⁰. Une sélection *stepwise* est appliquée pour sélectionner les covariables à partir de l'ensemble S3.

¹⁰⁰ Le mode de transport principalement utilisé de la journée est défini à partir du nombre de déplacements réalisés par ce mode.

Le tableau III-7 regroupe les estimations pour les trois ensembles de covariables. Malgré l'apparente variation de la composition des ensembles S1, S2 et S3, les effets des variables sont globalement stables et significatifs. Il n'est pas étonnant que l'introduction progressive des durées d'activités, puis des modes principaux de transport éliminent certaines variables déjà présentes, comme par exemple le statut professionnel ou le niveau de motorisation du ménage. Enfin, l'introduction de ces dimensions améliore la log-vraisemblance estimée du modèle.

Dans le modèle à hasards proportionnels, les estimateurs peuvent être interprétés par le rapport des hasards. Il est défini comme le rapport des hasards évalués pour des valeurs différentes de la covariable considérée. Par exemple, le rapport de hasards pour la variable binaire : ménage à haut revenu est 0,940. Le hasard pour un individu issu d'un ménage à haut revenu représente 94 % du hasard des individus qui n'appartiennent pas à un ménage à haut revenu. Les covariables dont le ratio des hasards est inférieur à 1 ($\beta < 0$) réduisent le taux de hasard et en conséquence augmentent la survie et le budget-temps de transport. Pour les covariables quantitatives, les estimateurs sont interprétables comme la valeur de la dérivée du logarithme du taux de hasard. Une augmentation de 1 min de la durée de loisir conduit à une variation du budget-temps de transport de $100(e^{0,0018}-1)=0,2$ %. Ainsi, une hausse de 1 heure du temps de loisir quotidien augmente de 12 % le temps de transport quotidien.

Les trois estimations indiquent que la plupart des covariables ont les mêmes effets que ceux obtenus par la régression MCO. Les hommes ont un hasard plus faible que les femmes et donc un budget-temps de transport plus élevé en moyenne.

Les actifs ont un budget-temps de transport plus élevé que les chômeurs. Et les chômeurs ont un budget-temps de transport plus élevé que les écoliers et les femmes au foyer. La présence d'enfants dans le ménage réduit le budget-temps de transport. Cet effet est d'autant plus fort que les enfants sont âgés de moins de 5 ans. Le nombre de membres du ménage est positivement lié au budget-temps de transport. Et les membres d'un ménage à haut revenu ont en moyenne des budgets-temps de transport plus élevés que les autres. La localisation résidentielle affecte le budget-temps de transport. La localisation en centre-ville est associée à des budgets-temps de transport plus élevés. Et le jour du déplacement est influant. Les signes et les niveaux de ces estimateurs relatifs aux ménages et aux individus sont stables pour les trois ensembles de covariables utilisés.

L'introduction des durées d'activités (S2) montre un lien positif entre les budgets-temps de transport et les durées de loisir et d'achat. Le temps de travail quotidien semble avoir un effet négatif relativement faible sur le budget-temps de transport. Enfin, les individus ayant au moins un déplacement d'accompagnement dans leur journée ont un budget-temps de transport significativement plus important.

Les rapports de hasards les plus importants sont associés aux modes de transport, introduits dans S3. Ils peuvent être ordonnés par ordre croissant des budgets-temps de transport correspondant : marche à pied, deux-roues motorisées, voiture particulière, vélo et transports collectifs. La marche et les deux-roues motorisées diminuent le budget-temps de transport, avec un rapport de hasards supérieur à 2. Alors que le hasard associé aux transports publics est le plus faible et implique donc des budgets-temps de transport plus élevés¹⁰¹.

L'approche semi-paramétrique confirme les intuitions produites par l'estimation non-paramétrique relativement aux effets des covariables et permet de sélectionner les covariables

¹⁰¹ Une endogénéité non-négligeable est révélée par les estimateurs des modes de transport. En effet, l'amplitude des effets des modes relativement aux autres estimateurs rappelle le lien très fort entre le choix modal et les comportements de mobilité. Pour intégrer cet aspect un modèle amont de choix modal devrait être développé sur la base de variables instrumentales différentes de celles déjà présentes dans le modèle de durées.

les plus influentes à introduire dans le modèle. Mais la fonction de hasard n'est pas estimée par cette méthode et ne révèle donc aucune information sur la dynamique temporelle du processus étudié.

Dans la partie finale de l'estimation, le modèle pleinement paramétrique estime simultanément, les coefficients associés aux covariables et la dynamique temporelle.

Tableau III-7 : Estimation du modèle de Cox– Sélection stepwise

Estimation Semi-paramétrique Cox	S1: caractéristiques du ménage et de l'individu	S2: S1 + durées d'activités	S3: S2 + mode principal
Variables dépendantes	Ratios des Hasards	Ratios des Hasards	Ratios des Hasards
Homme	0,915	0,896	0,877
Age < 20 ans	-	0,870	-
Age > 50 ans	1,222	1,210	1,121
Age	0,998 **	0,994	0,995
Actif	0,924	0,626	0,691
Chômeur	-	0,907 *	-
Ecolier	1,403	-	-
Femme au foyer	1,157	-	-
Nombre d'enfants de plus de 5 ans	1,076	1,107	1,064
Nb d'enfants de moins de 5 ans	1,122	1,166	1,088
Taille du ménage	0,937	0,911 *	0,933
Ménage à haut revenu	0,940 *	-	-
Ménage à faible revenu	0,959 **	0,948	0,928
Ménage non-motorisé	0,890	0,859	-
Centre-ville	-	-	0,929 *
1ere couronne est	1,069 *	1,057 *	1,068 *
2eme couronne ouest	0,910	0,899	0,918
3eme couronne est	-	-	1,071 *
Lundi	1,163	1,087	1,078
Mardi	1,071	-	-
Temps de travail		1,000 *	1,000
Temps de loisir		0,998	0,998
Temps d'achat		0,998	0,998
Accompagnement(0/1)		0,742	0,731
Deux-roues motorisées			2,314
Marche			2,424
Modes publics			0,880
Modes privés (automobile)			1,516
Vélo			1,458
Log Vraisemblance	-93481.5	-93220.2	-92754.3

seuil de significativité : 0.01, sauf ** 0,05 ; * 0,1

Source : Joly (2005)

5. Résultats de l'estimation paramétrique

De façon générale, les applications des modèles de durées paramétriques à l'analyse des durées d'activités ont utilisé la fonction de distribution Weibull (Mannering et al., 1994 ; Kitamura et al., 1997a). Cette distribution correspond à un hasard monotone, qui n'est pas observé dans notre estimation non-paramétrique. Les distributions exponentielle et Weibull sont rejetées par les tests des formes de hasard. En conséquence, nous estimons, dans un premier temps, l'ensemble des modèles suivants : exponentiel, Weibull, log-logistique, log-normale et gamma généralisée. Parmi ceux-ci, les modèles à durée de vie accélérée avec les distributions log-normale, log-logistique et gamma généralisée permettent des formes de hasards non-monotones.

Les covariables introduites dans le modèle sont, pour l'essentiel, celles issues du modèle de Cox précédemment estimé sur l'ensemble le plus complet : S3. Certains ajustements ont été réalisés afin de conserver les indicateurs les plus significatifs dans les modèles à hasards non-monotones. Par exemple, les indicateurs introduits pour l'âge, le statut professionnel ou la localisation géographique différent du modèle de Cox, mais produisent globalement les mêmes résultats.

En général, les statistiques du rapport de vraisemblances permettent de comparer des modèles qui sont emboîtés. Nous avons vu que les distributions exponentielle, Weibull et log-normale sont des cas particuliers de la distribution gamma généralisée. Les modèles basés sur ces distributions peuvent donc être testés par le rapport de vraisemblances. Seule la fonction log-logistique n'est pas emboîtée dans la distribution gamma généralisée. En conséquence, un test formel ne peut être réalisé pour tester ce modèle contre un autre. Les qualités d'ajustement des modèles log-logistique, log-normal et gamma généralisé, pour l'ensemble S3, seront simplement comparés par leur niveau de vraisemblance et leurs résidus de Cox-Snell.

Tableau III-8a : Vraisemblances des modèles estimés sur l'ensemble S3

Modèles	Log vraisemblances
Exponentiel	-13494,23
Weibull	-11590,0
Log-log	-10717,79
Log-normale	-10839,36
Gamma généralisée	-10812,68

Tableau III-8b : Statistiques de test du rapport de vraisemblances

Modèle 1 vs Modèle 2	Statistiques de test
Exponentiel vs Weibull	3808,46 ***
Exponentiel vs Gamma G	5363,10 ***
Weibull vs Gamma G	1554,64 ***
Log-normale vs Gamma G	53,36 ***

Source : Joly (2005)

Tous ces tests n'ont qu'un seul degré de liberté, sauf le test de la distribution exponentielle contre la gamma généralisée, qui impose deux contraintes.

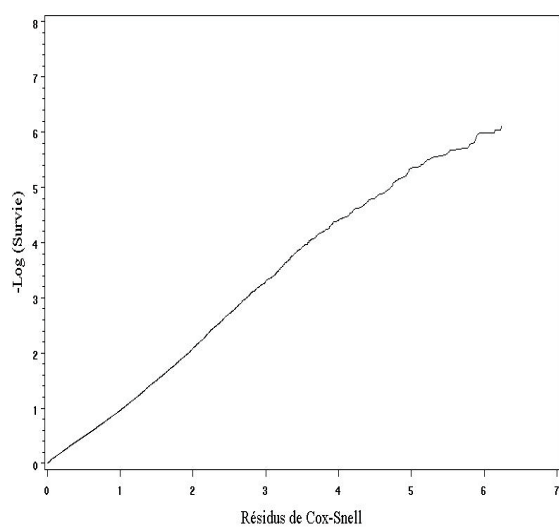
Le tableau III-8b donne les statistiques du test du rapport de vraisemblances pour les différents modèles emboîtés. L'ensemble des tests rejette les hypothèses de contraintes sur les paramètres des distributions. Ainsi, les tests du rapport de vraisemblances réalisés indiquent que le meilleur ajustement est celui du modèle gamma généralisé, relativement aux autres modèles.

Toutefois, la log-vraisemblance du modèle log-logistique est inférieure à celle du modèle gamma généralisé, ce qui suggère une bonne qualité d'ajustement pour ce modèle. Mais les distributions n'étant pas emboîtées, nous ne pouvons utiliser un test formel du rapport de vraisemblances. L'estimation des deux modèles log-logistique et gamma généralisé (annexes V et VI) produisent des résultats très proches tant au niveau des estimateurs que de la forme du hasard estimé. De plus, les graphiques des résidus de Cox-Snell semblent indiquer une meilleure qualité d'ajustement pour le modèle log-logistique par rapport au modèle gamma généralisé. En effet, les résidus de Cox-Snell du modèle log-logistique (figure III-16 (a)) semblent distribués selon une distribution exponentielle.

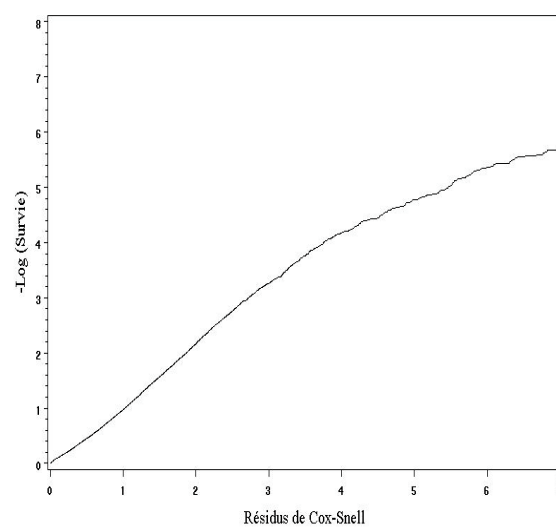
En définitive, les différents modèles estimés autorisant une forme non-monotone du hasard, produisent des estimateurs très proches. Les tests réalisés ne permettent pas de conclure formellement au rejet de l'un des modèles par rapport aux autres. Les seuls indicateurs disponibles, les résidus de Cox-Snell et les niveaux de vraisemblance, nous incitent à privilégier le modèle log-logistique. Ce modèle permet, de plus, des interprétations des estimateurs plus directes que les deux autres modèles.

Figures III-16 : Résidus de Cox-Snell

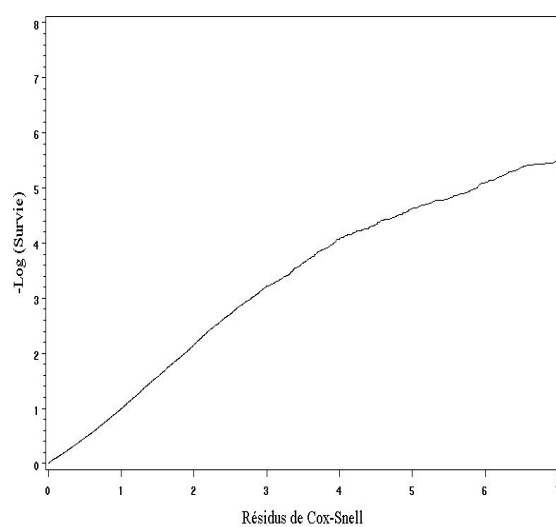
(a) Log-logistique



(b) Log-normale



(c) Gamma généralisée



Source : Joly (2005)

Tableau III-9 : Modèle paramétrique log-logistique

Estimation paramétrique Log-logistique	S1: caractéristiques du ménage et de l'individu		S2: S1 + durées d'activités		S3: S2 + mode principal	
Variables dépendantes	Estimateurs	exp(β)	Estimateurs	exp(β)	Estimateurs	exp(β)
Constante	3,905 ***	49,65	3,507 ***	33,35	3,859 ***	47,42
Homme	0,048 ***	1,05	0,061 ***	1,06	0,049 ***	1,05
Age < 20 ans	-0,108 ***	0,90	0,101 ***	1,11	0,083 ***	1,09
Age	-0,0004	1,00	0,0006	1,00	0,001 **	1,00
Actif	0,227 ***	1,25	0,264 ***	1,30	0,204 ***	1,23
Nb d'enfants de plus de 5 ans	-0,046 ***	0,96	-0,055 ***	0,95	-0,022 **	0,98
Nb d'enfants de moins de 5ans	-0,067 ***	0,94	-0,107 ***	0,90	-0,065 ***	0,94
Taille du ménage	0,044 ***	1,04	0,059 ***	1,06	0,044 ***	1,04
Ménage à haut revenu	0,061 ***	1,06	0,031 *	1,03	0,029 *	1,03
Ménage à faible revenu	0,021	1,02	0,033 **	1,03	0,028 **	1,03
Centre-ville	0,071 ***	1,07	0,055 **	1,06	0,042 **	1,04
2eme couronne ouest	0,059 ***	1,06	0,056 ***	1,06	0,053 ***	1,05
3eme couronne est	-0,048 **	0,95	-0,051 **	0,95	-0,052 ***	0,95
Lundi	-0,095 ***	0,91	-0,053 ***	0,95	-0,048 ***	0,95
Vendredi	0,051 ***	1,05	0,034 *	1,03	0,039 **	1,04
Temps de travail			0,0002 ***	1,00	0,0002 ***	1,00
Temps de loisir			0,0016 ***	1,00	0,0015 ***	1,00
Temps d'achat			0,0026 ***	1,00	0,0023 ***	1,00
Accompagnement(0/1)			0,293 ***	1,34	0,296 ***	1,34
MAP					-0,708 ***	0,49
Vélo					-0,305 ***	0,74
Deux-roues motorisées					-0,663 ***	0,52
Modes publics					0,085 ***	1,09
Modes privés (VP)					-0,369 ***	0,69
Coef. de pente	0,3945		0,377		0,3510	
Log Vraisemblance	-11986,60		-11480,42		-10717,79	

seuil de significativité : * 0,1 ; ** 0,05 ; *** 0,01

Source : Joly (2005)

La plupart des covariables sont significatives à 5% et les effets sur la durée estimée sont de même signe que dans l'estimation du modèle de Cox¹⁰². Le modèle est construit avec les trois ensembles de covariables, S1, S2 et S3. Dans un modèle à durée de vie accélérée, l'exponentiel des estimateurs s'interprète en termes de rapport des temps estimés. Par exemple, avec l'ensemble S1, le budget-temps de transport estimé pour les hommes est 5% plus élevé que celui des femmes. Les personnes de moins de 20 ans ont un budget-temps de transport 10% plus faible que les autres classes d'âge. Mais, l'effet de cette classe d'âge s'inverse lorsque les durées d'activités sont introduites dans les ensembles S2 et S3. Le statut professionnel affecte la durée quotidienne de transport : les actifs ont ainsi un budget-temps de transport 25% plus élevé. Le nombre d'enfants dans le ménage réduit les budgets-temps de transport, tandis que le nombre de membres du ménage augmente les budgets-temps de transport. Les membres d'un ménage à haut revenu et ceux d'un ménage à faible revenu sont

¹⁰² Dans le modèle à durée de vie accélérée l'effet d'une covariable sur la durée est donné par le signe de l'estimateur. Dans le modèle à hasards proportionnels, l'effet sur la durée est donné par l'opposé de l'estimateur.

caractérisés par un budget-temps de transport plus élevé. Les localisations résidentielles en centre-ville et en 2^{ème} couronne ouest augmentent le budget-temps de transport, alors que la localisation en 3^{ème} couronne réduit le budget-temps de transport. Enfin, la mobilité dépend du jour de déplacement : les budgets-temps de transport sont plus faibles le lundi et plus élevés le vendredi.

Avec l'ensemble S2, les covariables relatives aux activités améliorent la vraisemblance du modèle. L'indicatrice d'accompagnement a un fort effet positif sur les budgets-temps de transport. Les durées de loisir et d'achat affectent positivement les budgets-temps de transport. Par exemple, une hausse de 60 min des activités de loisir augmente le budget-temps de transport de 9,5%. L'effet de la durée de travail reste faible et positif. Ces résultats confirment ceux des estimations précédentes, non-paramétriques et semi-paramétriques. Ils semblent indiquer que la somme des temps de transport quotidiens n'est pas clairement dépendante de la durée quotidienne de travail.

De plus, ces résultats illustrent un aspect de la concurrence entre les activités. Ils indiquent que l'allocation de temps entre, d'un côté, les activités de loisir et d'achat et de l'autre le transport ne se fait pas au détriment de l'activité de transport. La demande pour le transport est complémentaire et peut être considérée comme une demande dérivée des activités de loisir et d'achat. Enfin, le faible impact du temps de travail sur le budget-temps de transport semble indiquer que ce dernier reste stable quelle que soit la durée quotidienne de travail. Ainsi, comme nous l'avons évoqué dans le chapitre 2, une compensation semble s'opérer entre les motifs de déplacement. Les budgets-temps de transport paraissent constituer, d'une part, d'une composante relativement stable associée aux activités contraintes, comme le travail et d'autre part, d'une composante associée aux activités discrétionnaires, telles que les loisirs et les achats et sensible à ces durées d'activités discrétionnaires hors-domicile.

L'ensemble S3 introduit les modes de transport principaux. Ces covariables sont hautement significatives et influentes. Cependant, elles sont des indicateurs des vitesses auxquelles ont accès les individus. Dès lors, nous pouvons suspecter une forte endogénéité entre le mode de transport choisi et le temps de transport.

Sur les trois ensembles de covariables, les estimateurs sont stables. Ainsi que le coefficient d'échelle de la distribution log-logistique, qui est inférieur à 1 et indique un hasard non-monotone. Le taux de hasard estimé pour l'ensemble S3 est croissant jusqu'à 72,8 min, puis décroissant. La figure III-17 présente ce taux de hasard pour l'ensemble S3, ainsi que la survie estimée.

Le hasard, la survie et les quantiles, présentés dans le tableau III-10, caractérisent la distribution des budgets-temps de transport. Elle est centrée sur 59 min et asymétrique à droite.

Tableau III-10 : Quantiles estimés pour une distribution log-logistique

Quantiles	Q90	Q75	Q50	Q25	Q10
BTT	27,35	40,23	59,16	86,99	127,99

Source : Joly (2005)

L'effet des covariables sur la médiane peut être estimé et selon l'équation de cet effet (cf. p. 149) il est variable selon le niveau des covariables. De façon classique, cette estimation de l'impact sur la médiane peut être réalisée pour le point moyen de l'échantillon. Nous pouvons alors quantifier les effets des variations unitaires des covariables (tableau III-11). Le temps médian estimé est augmentée de 2,8 min pour les hommes. Le statut d'actif augmente la médiane de 12 min. Le nombre d'enfants du ménage diminue le budget-temps de transport

médian de 1 à 3,8 min. La localisation en centre-ville majore le budget-temps de transport médian de 2,5 min. Les durées des activités discrétionnaires affectent le budget-temps de transport médian. Une variation de 10 min du temps d'achat implique une hausse du budget-temps de transport de 1,3 min et une variation de 10 min du temps de loisir, une hausse de 0,8 min. L'impact d'une variation du temps de travail reste très marginal. La présence d'un déplacement d'accompagnement augmente fortement le budget-temps de transport médian (+17,5 min). La sensibilité du budget-temps de transport médian aux modes principaux utilisés est très forte et révèle un ordre des budgets-temps de transport selon le mode principal : marche et deux roues motorisées correspondent aux budgets-temps de transport les plus faibles (le budget-temps de transport médian est réduit de 40 min), puis viennent le vélo et l'automobile, qui réduisent le budget-temps de transport médian de 20 min et les transports collectifs augmentent le budget-temps de transport médian de 5 min.

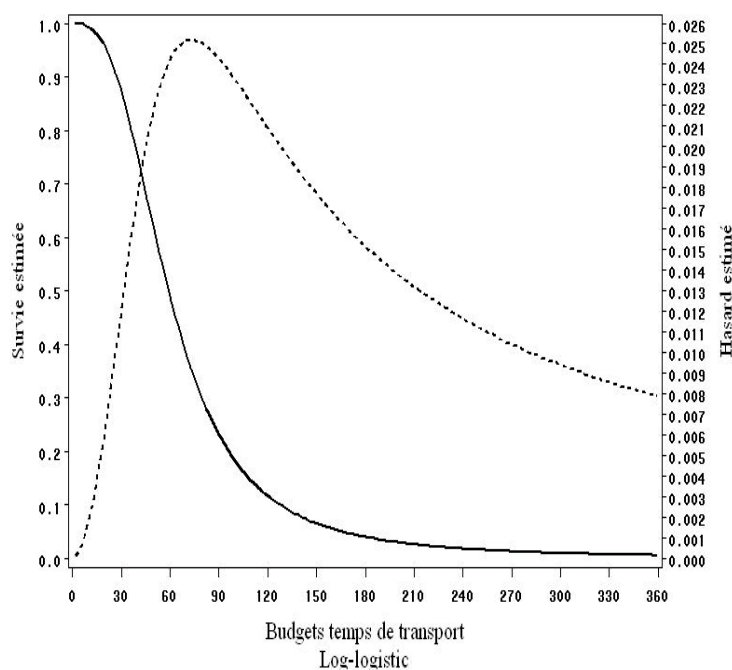
Enfin, le hasard paramétrique estimé atteint son maximum (0,0252) pour un budget-temps de transport de 72,85 min. La survie médiane estimée pour $t=0$ est de 59,12 min.

Tableau III-11 : Ratio des survies médianes estimées et effets estimés sur le temps médian estimé

Variables dépendantes	Ratio des durées	Effet sur le temps médian estimé
Constante	47,418	
Homme	1,050	2,89
Age < 20 ans	1,087	4,92
Age	1,001	0,059
Actif	1,226	12,08
Nombre d'enfants de plus de 5 ans	0,978	-1,31
Nb d'enfants de moins de 5ans	0,937	-3,82
Taille du ménage	1,045	2,58
Ménage à haut revenu	1,029	1,73
Ménage à faible revenu	1,028	1,63
Centre-ville	1,043	2,49
2eme couronne ouest	1,054	3,13
3eme couronne est	0,949	-3,05
Lundi	0,953	-2,79
Vendredi	1,040	2,28
Temps de travail	2,719	0,012
Temps de loisir	2,723	0,088
Temps d'achat	2,725	0,137
Accompagnement(0/1)	3,821	17,51
MAP	0,493	-41,89
Vélo	0,737	-18,01
Deux-roues motorisées	0,515	-39,19
Modes publics	1,089	5,03
Modes privés (VP)	0,691	-21,83

Source : Joly (2005)

Figure III-17 : Hasard log-logistique et survie estimés



Source : Joly (2005)

c) L'intensité transport des activités

Un regard particulier peut être porté sur les relations entre budgets-temps de transport et budgets-temps des autres activités. Ici, les estimations proposent une quantification de cette relation au travers de l'estimation des effets des covariables sur le budget-temps de transport médian. Une innovation du modèle de durée est que la forme de ces relations relaxes les hypothèses que nous avons présentées dans les parties précédentes du rapport. En effet, il n'est plus question ici, ni d'invariance des dépenses temporelles de transport quelle que soit la durée des activités (hypothèse de stabilité), ni de relation linéaire entre ces durées (hypothèse de proportionnalité). Le modèle de durée permet l'estimation d'une relation plus flexible entre les budgets-temps des activités.

Plus précisément, les variations estimées au point moyen des covariables indiquent que 10 minutes de loisir quotidien supplémentaires correspondent à une augmentation de 0,9 minutes de transport quotidien. Et une heure d'achat supplémentaire implique 8,22 minutes de transport.

Le tableau suivant présente un ordre des activités selon leur intensité transport. Il fait correspondre à chaque minute d'activité supplémentaire la variation de temps de transport, évaluée au point moyen. L'activité d'achat apparaît la plus intensive en transport. Alors que l'activité contrainte du travail fait varier très peu le budget-temps de transport. Cela confirme l'idée de l'effet structurant du temps de travail et de la régularité des déplacements correspondant.

Tableau III-12 : Intensité transport des activités

Type d'activité	Variations du BTT
Travail	0.012
Loisir	0.088
Achat	0.137

Conclusion de la partie 3

Cette application des modèles de durées à la gestion des temps de transport individuels révèle deux types de résultats. Tout d'abord, les estimations mettent en évidence les effets des attributs socio-économiques des individus et des ménages, ainsi que ceux des durées d'activités et des choix modaux. Ces effets sont à rapprocher des résultats des autres analyses des temps de transport et des autres activités. Par exemple, les effets du genre, du nombre d'enfants et de la taille du ménage renvoient à la question du partage des responsabilités entre les membres d'un ménage. Les effets des jours de déplacement indiquent un cycle hebdomadaire dans les durées de déplacement, très certainement lié aux programmes d'activités. L'effet des localisations résidentielles rappelle les multiples dimensions intervenant dans le choix de localisation. Il devient alors difficile de distinguer l'impact des localisations qui mêle à la fois, l'effet de la position dans le système de transport (conditions de déplacement subies) et les choix de long terme de mode de vie, qui articulent la mobilité et les programmes d'activités souhaités dans le choix de localisation. L'impact des durées d'activités confirme les observations des études selon lesquelles le temps de transport est influencé positivement par les durées des activités discrétionnaires, alors que le temps de travail a un faible impact. L'accompagnement se révèle, en revanche, particulièrement influant sur la durée quotidienne de déplacement. Enfin, l'impact des modes de transport provient très certainement de l'endogénéité des durées de déplacement par rapport aux choix modaux.

Par ailleurs, la distribution des budgets-temps de transport est caractérisée par un hasard non-monotone. Cette dynamique temporelle peut être le caractère naturel de la gestion des temps de transport. Toutefois, il paraît opposé à l'idée selon laquelle les valeurs du temps sont croissantes avec les durées de déplacement. Le plus vraisemblable est certainement que les deux phases du hasard proviennent de la juxtaposition de deux types d'individus qui restent à identifier. Le premier type d'individus est caractérisé par une probabilité d'interruption croissante à un rythme accéléré. Le second type a une probabilité d'interruption croissante mais à un rythme se ralentissant.

Ces dynamiques temporelles semblent indiquer des gestions des temps de transport différentes. Des représentations différentes des comportements de ces deux groupes d'individus peuvent être proposées. Le premier groupe d'individus, dont le hasard est croissant, semble pouvoir être représenté par la classique maximisation d'utilité du transport, dont le programme dual est la minimisation du temps de transport sous les contraintes. Le second groupe se compose d'individus dont la probabilité conditionnelle d'interrompre leur budget-temps de transport est décroissante au-delà de 90 min. La réalisation de leur comportement d'allocation de temps au transport ne semble pas leur permettre d'aboutir à un budget-temps de transport faible. En définitive au-delà de 90 min, les individus restant pourraient être de deux types : les uns caractérisés par des situations particulières qui ne leur permettent pas d'atteindre la réduction de leur budget-temps de transport ; les autres ne

souhaitant pas réduire leur budget-temps de transport. En conséquence, l'objectif de minimisation des temps de transport pour cette population peut être remis en question.

La distinction de ces deux types de dynamiques temporelles est alors à rechercher dans les attributs des individus et de leurs situations, ou dans leurs préférences et les contraintes sur leur mobilité. Parmi ces budgets-temps de transport élevés, une part peut bien sûr s'expliquer par les erreurs de mesure ou de codage. Mais pour les 25% d'individus de l'échantillon concernés, ces budgets-temps de transport peuvent être des réalisations de mobilités exceptionnelles, mais aussi régulières. Tout d'abord, des situations exceptionnelles pourraient expliquer une part de ces budgets-temps de transport. En effet, les conditions de circulation particulièrement difficiles, un problème d'accès aux modes de transport ou encore un programme d'activités exceptionnel le jour des déplacements peuvent produire de tels niveaux exceptionnels de budget-temps de transport. Ensuite, une part de ces observations provient très probablement de mobilités régulières pouvant être celles soit d'individus très actifs et choisissant un budget-temps de transport élevé afin de satisfaire les besoins de leur programme d'activités, soit celles d'individus fortement contraints.

Ces interprétations des résultats admettent naturellement un certain nombre de limites dues à la structure et aux hypothèses du modèle. Plus particulièrement, le hasard de référence résultant du modèle paramétrique log-logistique peut être remis en question. D'une part, l'approche paramétrique nécessite d'imposer une forme de distribution pour les fonctions de hasard et de survie de référence. Cependant, Meyer (1990) a montré que lorsque la forme paramétrique supposée est incorrecte, l'estimation de la fonction de hasard l'est aussi. D'autre part, dans notre modèle, les individus sont supposés homogènes dans leur gestion du temps consacré à la mobilité. L'omission de différences entre individus ou l'hétérogénéité inobservée peut biaiser les estimateurs des paramètres (Heckman et Singer, 1984). Pour résoudre ce problème l'hétérogénéité inobservée peut être incorporée dans la fonction de hasard en ajoutant un terme d'erreur individuel spécifique dont nous devons supposer une distribution *a priori*. La méthode la plus courante est l'introduction d'un terme d'hétérogénéité, ν , dont la distribution est spécifiée comme une distribution gamma généralisée, $g(\nu)$. Ainsi, la fonction de densité des durées peut s'exprimer en fonction de la densité conditionnelle des durées et de la densité de l'hétérogénéité :

$$f(t) = \int f(t|\nu)g(\nu)d\nu$$

Ainsi, la source principale d'hétérogénéité est prise en compte. L'hétérogénéité restante, étant aléatoire, ne causera pas de biais important dans nos estimations.

Toutefois, Bhat (1996a) a montré que la prise en compte de l'hétérogénéité inobservée par cette méthode paramétrique ne permet pas de corriger le biais résultant d'une erreur de spécification de la distribution de référence. En conséquence, un modèle non-paramétrique et une introduction non-paramétrique de l'hétérogénéité inobservée seraient les plus efficaces pour l'estimation simultanée de la dynamique temporelle et des coefficients associés aux covariables.

L'estimation préalable du modèle par les méthodes non-paramétrique et semi-paramétrique est réalisée afin d'acquérir le plus d'information possible sur les effets des covariables et les propriétés de la forme du hasard. Ceci dans le but de réduire les risques d'une mauvaise spécification de la distribution de référence.

Par ailleurs, la méthode appliquée est une modélisation continue du temps, qui évite les problèmes liés à la définition d'intervalles discrets de temps. Il en résulte l'hypothèse implicite que les budgets-temps de transport quotidiens sont déterminés par un processus

continu. Cette hypothèse paraît raisonnable dans l'objectif de l'analyse de l'allocation quotidienne de budgets-temps aux activités. Mais l'analyse plus fine des programmes d'activités nécessite la prise en compte des multiples séquences composant les emplois du temps. Dans cet objectif, un modèle à risques concurrents peut être développé. Dans un modèle de ce type les probabilités de transition d'une activité à une autre sont estimées, ainsi que les durées de chaque épisode d'activité. Popkowski Leszczys et Timmermans (2002) ont montré la pertinence de ces modèles pour ce type d'analyses. De plus, ces modèles peuvent tenir compte des dépendances des probabilités conditionnelles de transition par rapport aux états d'origine et de destination et ainsi représenter des processus décisionnels discrets-continus de choix et de durée de participation par une méthode particulièrement flexible. Dans ce cadre, chaque probabilité conditionnelle d'interruption d'une activité peut être dépendante du type des activités précédente et suivante.

Les modèles de durées constituent un instrument adapté à l'estimation des budgets-temps de transport. Cette méthodologie sera donc appliquée pour les deux dates d'observation de chacune des sept villes. La comparaison des résultats permettra d'explorer les régularités existantes dans les modes de gestion des budgets-temps de transport. Une attention particulière sera notamment portée aux interactions entre les différents budgets-temps d'activités et celui du transport. Un modèle à risques concurrents pourra être construit pour analyser et modéliser les interactions entre les durées des différents épisodes d'activité.

PARTIE 4

Analyse qualitative des individus caractérisés par des budgets-temps de transport très élevés

Pour de nombreux individus, les déplacements réguliers et quotidiens pour participer à une activité à destination particulière, souvent le travail, occupent une partie majeure du budget-temps de transport. Faisant un arbitrage personnel, ils peuvent augmenter volontairement la durée de ces déplacements en fonction de certains critères ou obligations. Dans certains cas, le temps de déplacements élevé n'est pas exclusivement lié à la distance entre le lieu de domicile et celui du travail, mais aussi une décision basée sur les convictions et les préférences personnalisées, comme la préférence des transports publics pour les raisons environnementales ou sécuritaires. L'individu assigne donc quotidiennement un temps important dans les déplacements malgré le manque accru de temps disponible à consacrer à d'autres activités.

Notre recherche qualitative cherche à comprendre les éléments de l'arbitrage personnel qui détermine le choix de s'engager dans une pendularité de longue durée. Nous souhaitons identifier les raisonnements par lesquels un individu « sacrifie » une portion de son temps disponible à se déplacer, ainsi que la façon dont il vit la situation où le temps de déplacement est au-dessus de la moyenne. La recherche se porte donc sur plusieurs hypothèses qui fondent notre enquête :

1. L'individu met en avant des critères ou des valeurs qui forment ensuite la décision de faire quotidiennement les déplacements à longue durée. Certaines influences de la société, comme la culture, les expériences du passé, le mode de vie, etc., peuvent également jouer un rôle décisif. Selon la perception de l'individu, la décision est généralement prise par volonté et/ou par obligation d'augmenter la distance (p. ex. habiter loin de la ville pour une meilleure qualité de vie) ou de réduire la vitesse (p. ex. prendre le vélo pour la santé).
2. Le choix d'un déplacement et de ses attributs peut avoir d'autres objectifs que la mobilité dans l'espace physique. Pour un individu ayant un temps de déplacement élevé, il peut s'incliner à faire d'autres activités parallèlement durant le trajet. L'individu compense donc une partie manquante de son temps disponible en faisant les activités habituellement faites hors le temps de déplacement, comme les appels personnels, le travail, etc. Cette hypothèse concerne spécialement les usagers des transports publics, vu la concentration importante plutôt consacrée à la conduite d'un véhicule (cf. Flamm (2005), sur la réappropriation du temps de transport).
3. Il existe en général un seuil applicable où le temps de déplacement devient insupportable, c'est-à-dire la durée de déplacement est trop élevée par rapport au temps disponible, malgré les avantages liés aux critères personnels.

Afin de poursuivre ces hypothèses, nous avons effectué des interviews détaillées de 11 personnes possédant un temps de déplacement élevé à cause de leurs trajets domicile-travail ou domicile-formation. Avant de réaliser les interviews, nous avons développé une méthodologie qui assure l'hétérogénéité et une représentation pertinente de l'échantillon.

Suite aux interviews, nous pouvons donc citer plusieurs pistes d'explication des temps de transport élevés, qui seront décrits en détail après une description des profils de chaque interviewé :

- Les aspirations liées au logement jouent souvent un rôle clé dans la volonté d'habiter loin d'un lieu de travail ou de formation.
- Les convictions (l'environnement, la sécurité, etc.) ou la culture (la sphère familiale) peuvent influencer le choix de passer plus de temps en trajet, même si d'autres moyens

plus rapides existent. Dans ces cas, les modes à vitesse réduite conviennent mieux aux convictions de l'individu.

- Bien que les individus aient leur mode de transport habituel, ils ont souvent déjà essayé d'autres modes de transport dans le passé. L'expérience antérieure sert donc au choix d'un mode de transport adéquat.
- Le seuil de pénibilité se trouve vraisemblablement autour de deux heures. Ceux passant moins de 120 minutes par jour pour les trajets domicile-travail ont généralement une perception plus positive de leur situation actuelle par rapport au reste de l'échantillon.
- Les activités durant le trajet aident à rentabiliser le « temps perdu » dans les déplacements. Cependant, il n'est jamais rentabilisé à 100%.
- Certaines activités réalisées pendant les déplacements confirment l'idée qu'un individu ne se déplace pas strictement dans l'espace physique. Par exemple, le déplacement devient un moyen pour l'individu de s'échapper à sa sphère privée, ou bien de faire la coupure entre le monde « travail » et le monde « famille ».

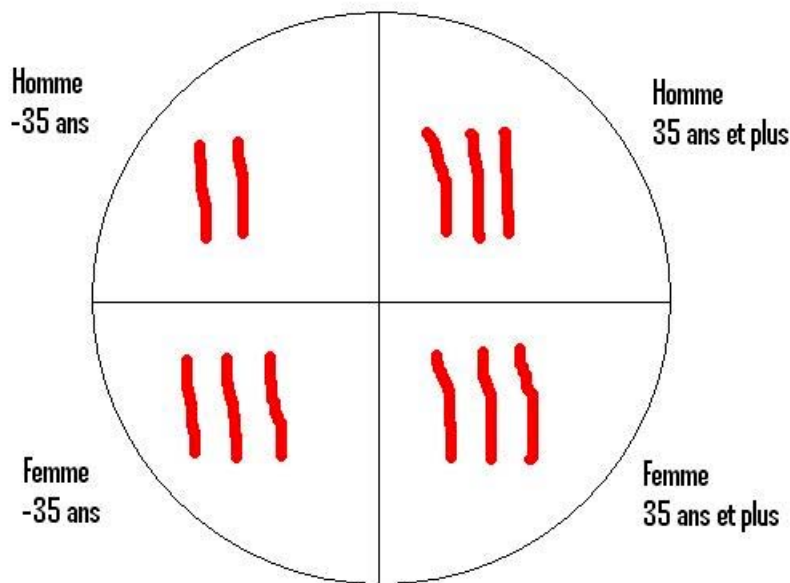
I. Dispositif méthodologique

Dans un premier temps, nous avons cherché des personnes qui faisaient au moins 120 minutes en déplacement par jour pour les déplacements domicile-travail ou domicile-formation. La sélection a été effectuée en tenant compte des critères suivants :

- Nous avons essayé de diversifier les personnes interviewées selon l'âge, le sexe, le nombre de personnes dans le ménage, la profession, le mode de transport, le statut du travail (temporaire ou permanent), les zones de résidence (urbain, périurbain ou rural) et le type de résidence (appartement, villa ou maison individuelle)
- L'interviewé doit travailler ou habiter dans l'arc alémanique
- L'interviewé doit travailler ou suivre une formation au minimum trois fois par semaine

L'équipe a pu sélectionner des personnes sans faire appel au public large. En utilisant une procédure « boule de neige », nous avons identifié onze personnes qui possédaient un temps de déplacement élevé. A notre avis, nos recherches ont établi un échantillon suffisamment divers pour sortir des analyses pertinentes. De plus, les personnes étaient plus à l'aise et parlaient plus facilement de leurs expériences durant les interviews, vu qu'elles faisaient partie de « notre » réseau. Nous avons vérifié cette diversification en schématisant les profils des interviewés selon nos critères de base initiaux.

Graphique III-1 : Schématisation des interviewés selon le sexe et l'âge



Certains interviewés ont également été retenus selon des aspects supplémentaires qui les rendaient encore plus pertinents pour notre étude :

- Le 2^{ème} interviewé a été choisi car il était frontalier, c'est-à-dire un français habitant en France, mais travaillant à Genève.
- Les 3^{ème} et 8^{ème} ont été choisies car elles passent un temps important en transports publics sans pour autant parcourir beaucoup de kilomètres, alors que la voiture serait certainement plus rapide.
- La 4^{ème} a été choisie car elle utilise régulièrement le vélo pour ses déplacements pendant la semaine.
- Les 7^{ème} et 10^{ème} ont été choisis car ils utilisent la voiture et les transports publics dans le même trajet pour se rendre au travail.
- La 11^{ème} a été choisie car elle pratique le covoiturage.

Toutefois, une approche différente pour la sélection aurait pu modifier les réponses. Par exemple, nous n'avons interviewé personne qui avait moins de 26 ans. Notre réseau a paru divers selon plusieurs critères, mais trop restreint pour d'autres (p. ex. l'âge). Un appel au public large aurait pu corriger ce problème.

Les interviews ont été réalisées en tête-à-tête ou par téléphone. Malgré les limites des contacts personnels par téléphone, nous avons constaté que certaines personnes n'avaient ni le temps, ni la volonté de s'engager dans une interview de 30 minutes ou plus sur place. Il a fallu donc faire une partie des interviews par téléphone, qui nous a permis de réaliser un grand nombre d'interviews pendant une durée relativement courte. En effet, nous avons constaté que les résultats de ces interviews téléphoniques ne se différenciaient pas de celles réalisées en tête-à-tête.

Initialement, les deux premières interviews ont été enregistrées. Cependant, nous avons pris la décision d'effectuer les interviews par téléphone qui, par conséquent, n'ont pas permis l'enregistrement. Dès lors, les interviews ont été réalisées en trois étapes :

1. Noter les réponses de l'interviewé pendant l'entretien
2. Ecrire au propre toutes les réponses de l'interviewé dès la fin de l'interview
3. Faire un résumé des réponses de l'interviewé qui nous semblent essentielles pour la recherche

La deuxième étape était spécialement importante, vu l'abandon de l'usage des enregistrements. En notant toutes les réponses, nous avons pu ensuite intégrer les éléments les plus pertinents dans le résumé de notre recherche.

Les résumés renvoient exclusivement aux perceptions des interviewés, c'est-à-dire les horaires, les prix, les parcours, etc. proviennent strictement de l'individu sans modification. Le temps *minimal* de parcours considère que l'interviewé fait seulement les déplacements domicile-travail sans déplacements additionnels, alors que le temps *maximal* de parcours comprend tous les déplacements, c'est-à-dire le temps intégral de tous les déplacements domicile-travail et hors travail (ex. l'interviewé fait entre 140 et 180 minutes en déplacement par jour).

Il faut également noter que le temps de parcours est identifié pour un seul déplacement (ex. un déplacement de 5 minutes à pied ne comprend pas le trajet de retour).

Dans plusieurs cas, l'interviewé suit un parcours moins performant, ou bien il ne se rend pas précisément compte du temps réellement passé dans un trajet. Néanmoins, notre recherche cible les perceptions provenant l'individu du temps parcouru, et pas le temps en déplacement le plus efficace. Nous aurions pu faire une comparaison entre le temps de déplacement par l'interviewé et le temps potentiellement passé d'un interviewé parfaitement informé, mais cette analyse n'a pas été effectuée à cause d'un manque de temps et d'informations.

Les distances en kilomètres sont les seules informations prises depuis l'extérieur. Nous avons utilisé le site Michelin www.michelin.fr pour indiquer les distances d'un parcours en voiture entre deux destinations. Les chiffres absolus ne sont pas fiables pour des calculs statistiques (ex. vitesse), vu que les adresses exactes ne sont pas connues. Pourtant, ils nous donnent un point de comparaison entre les différentes interviews en termes de distance (ex. la 3ème interviewée fait une heure pour parcourir environs 13 km, alors que le 5ème interviewé parcourt environ 95 km pendant le même temps).

II. Profil des personnes interrogées

1^{er} interviewé : 30 ans ; doctorant à l'Université de Lausanne ; fait Carouge→Lausanne en tram, train et métro léger (75 minutes, environ 75 km) ; possède une voiture ; habite avec sa fiancée dans un appartement ; un déménagement

BUDGET-TEMPS : 150-170 MINUTES

2^{ème} interviewé : 38 ans, employé dans une location de voiture, fait Talloires, France (10 minutes d'Annecy)→Genève-Aéroport en voiture (90 minutes, environ 55km) ; possède une voiture, habite avec sa copine dans un appartement, plusieurs déménagements dans le cadre de l'armée

BUDGET-TEMPS : 180-195 MINUTES

3^{ème} interviewée : 26 ans ; coiffeuse ; fait Pays de Gex, France→Genève en bus (60 minutes, environ 13 km) ; ne possède pas de voiture, habite avec ses parents et son frère dans une résidence; plusieurs déménagements

BUDGET-TEMPS : 180-190 MINUTES

4^{ème} interviewée : 26 ans ; administratrice dans une tournée de théâtre ; fait Genève→Lausanne à vélo (ou en tram), en train et en bus (ou à pied) (75 minutes, environ 65 km) ; ne possède pas de voiture (mais utilise de temps en temps celle de ses parents) ; habite avec son copain dans un appartement ; deux déménagements

BUDGET-TEMPS : 150-160 MINUTES

5^{ème} interviewé : 46 ans ; médecin ; fait Vandoeuvres, Genève→Yverdon les Bains en voiture (55 minutes le matin, 80 minutes le soir ; environ 95 km) ; possède une voiture ; habite avec sa femme et ses trois enfants dans une maison (11, 15 et 17 ans) ; deux déménagements

BUDGET-TEMPS : 135-195 MINUTES

6^{ème} interviewée : 34 ans ; ex-pharmacienne responsable ; fait Petit Lancy, Genève→Ecublens, Vaud en voiture (50 minutes, environ 65 km) ; possède une voiture ; habite avec son copain dans une villa jumelle ; pas de déménagement

BUDGET-TEMPS : 100-125 MINUTES

7ème interviewée : 50 ans ; secrétaire ; fait Jongny, Vaud→EPFL en voiture, train et métro léger (50 minutes, environ 40 km) ; possède une voiture, habite avec son mari dans une maison ; plusieurs déménagements

BUDGET-TEMPS : 100-160 MINUTES

8ème interviewée : 29 ans ; assistante de recherche ; fait Satigny, Genève→EPFL en train et bus (90 minutes le matin, 120 minutes le soir, environ 65 km) ; ne possède pas de voiture (mais utilise de temps en temps celle de sa mère) ; habite avec sa mère dans un appartement ; plusieurs déménagements

BUDGET-TEMPS : 210-270 MINUTES

9ème interviewé : 29 ans ; designer ; fait Lausanne→Bienne en train et bus (110 minutes, environ 105 km) ; ne possède pas de voiture ; habite tout seul dans un appartement ; trois déménagements

BUDGET-TEMPS : 220-265 MINUTES

10ème interviewé : 36 ans ; éditeur de magazine ; fait Thoiry, France→Lausanne en voiture et train (90 minutes, environ 75 km) ; possède une voiture ; habite avec sa femme et ses deux enfants (4 et 6 ans) dans une maison ; plusieurs déménagements

BUDGET-TEMPS : 160-215 MINUTES

11ème interviewée : 35 ans ; employée dans une cafétéria ; fait Ollon, Vaud→EPFL en voiture (45 minutes, environ 65 km) ; possède une voiture ; habite avec son copain dans une maison ; trois déménagements

BUDGET-TEMPS : 85-115 MINUTES

III. Analyses des entretiens

1. Les aspirations de localisation résidentielle

Presque tous les interviewés ont des aspirations pour la campagne et, dans la plupart des cas, une maison individuelle. Plusieurs reconnaissent les aspects positifs de la ville, surtout en termes de services, mais ils préfèrent « le calme et l'isolation » de la campagne.

Dans le même temps, il nous semble qu'ils ont tous des parcours très « urbains ». Tous les interviewés ont habité soit dans les zones urbaines, soit dans les zones périurbaines, presque toutes leurs vies, même ceux qui ont actuellement une maison individuelle.

Sept interviewés habitent à la campagne¹⁰³. Parmi ces sept interviewés, cinq ont des caractéristiques similaires :

- Ils utilisent la voiture comme mode de transport, partiellement ou complètement, pour tout le trajet. Ils utilisent aussi exclusivement la voiture pour leurs déplacements hors travail.
- Ils ont 35 ans ou plus.
- Ils ont un poste de travail permanent

Les deux exceptions sont les 3^{ème} et 8^{ème} interviewées, qui ont plusieurs éléments en commun (voir la partie suivante *l'influence sur la culture*).

Contrairement à ceux qui habitent en campagne, trois interviewés habitent en centre-ville et ne prennent jamais, ou peu la voiture pour leurs déplacements. Leurs déplacements domicile-travail sont « fatigants », mais la voiture est trop « dangereuse » ou « stressante ». De plus, ils habitent dans un appartement et ils ont 30 ans ou moins.

Le seul interviewé qui n'a pas d'aspiration pour la campagne est la 2^{ème} interviewée, qui préfère toutes les qualités de la ville pour la centralisation des services et un réseau de transports publics plus dense.

2. L'influence de la culture sur la stratégie de localisation résidentielle

Deux interviewées ont confirmé leur décision de rester à leur domicile actuel à cause de la famille. Selon elles, les liens familiaux étaient très importants et pesaient beaucoup sur le choix de faire des déplacements à longue durée. Les deux interviewées ont également des caractéristiques similaires :

- Les deux sont d'origine africaine. La 3^{ème} interviewée a déménagé en France à l'âge de 12 ans depuis le Sénégal, alors que la 8^{ème} interviewée a déménagé en Europe à l'âge de 17 ans depuis l'Algérie.
- Les deux sont des femmes célibataires, âgées de 26 ans et de 29 ans.
- Les deux utilisent exclusivement des transports publics et, par conséquent, ont un budget-temps de transport *très* important par rapport à la distance. Ceci est largement dû à une mauvaise desserte des transports publics avec des fréquences réduites à un ou deux passages par heure. La 3^{ème} interviewée passe une heure en déplacement pour parcourir environ 13 kilomètres, alors que la 8^{ème} passe une heure et demie ou deux heures pour parcourir environ 65 kilomètres.
- Elles sont les seules dans leur famille respective à passer un temps de déplacement aussi important.

¹⁰³ Un interviewé habite dans une ville ou à la campagne selon son avis personnel. Par exemple, un interviewé considère que son résidence se trouve dans une zone de campagne, tandis qu'elle pourrait être considéré comme une zone urbaine par des urbanistes.

En somme, les deux interviewées passent un temps impressionnant en parcourant très peu de kilomètres, en grande partie pour des raisons familiales.

3. Utilisation des différents moyens de transport

Dans le questionnaire, plusieurs questions ont été posées pour déterminer les compétences de l'interviewé dans l'utilisation des différents modes.

Beaucoup d'interviewés ont déjà effectué leur trajet domicile-travail avec un autre mode de transport que leur mode habituel. Pour les utilisateurs des transports publics, ils ont généralement fait le trajet plusieurs fois en voiture. Dans la plupart des cas, le trajet en voiture prendrait moins de temps que le trajet en transports publics, et l'interviewé en est souvent conscient.

Par exemple, le trajet pour la 8^{ème} interviewée pour se rendre au travail lui prend entre 90 et 120 minutes en voiture, alors qu'en voiture le trajet prendrait presque la moitié du temps. L'interviewée a déjà fait le trajet en utilisant la voiture de sa mère, mais elle ne prend pas la voiture pour des raisons de sécurité.

Les raisons de sécurité ont également été citées par le 1^{er} interviewé, qui a d'abord fait le trajet Carouge-EPFL en voiture pendant un an. Il voyait régulièrement des accidents sur l'autoroute et, par conséquent, il a décidé de faire le déplacement exclusivement en transports publics.

La 4^{ème} interviewée a déjà pris plusieurs fois la voiture de ses parents pour faire le trajet, mais elle retiendra toujours les transports publics en tant que mode habituel de déplacement car la voiture est dangereuse et polluante.

Pour ces personnes, la voiture pour tout le trajet est souvent trop « stressante », « dangereuse » ou « polluante ». Quelques personnes ont également évoqué que le trajet devient trop « coûteux ».

Toutefois, trois personnes faisant le trajet domicile-travail exclusivement en voiture ont déjà essayé le trajet en transports collectifs pour des raisons diverses (voiture en panne, l'occasion de faire plus d'activités dans le train, moins stressant). Ils retiennent cependant la voiture comme mode de transport seulement à cause d'un temps de parcours trop élevé en transport en commun.

Par exemple, le 2^{ème} interviewé a déjà essayé une fois ou deux une partie du trajet en transports publics, mais les mauvaises correspondances en France rendent le temps de parcours insupportable, même s'il préfère faire le trajet domicile-travail en transports publics.

Les 5^{ème} et 6^{ème} interviewés ont essayé pendant plusieurs mois de faire une partie en transports publics et ils mettaient le double de temps. Le 5^{ème} a commencé à le faire car le trajet était moins dangereux en transports publics et il arrivait à travailler dans le train. La 6^{ème} a principalement utilisé les transports publics seulement quand sa voiture est tombée en panne, mais elle les prenait également pour se détendre. Cependant, même s'ils appréciaient le fait de faire plus d'activités dans le train, le temps « perdu » en déplacement est trop important. De plus, le 5^{ème} interviewé se sentait très « contraint » des horaires de train.

Ceci montre que la plupart des interviewés ont non seulement le choix entre les différents modes, mais, encore plus important, ils savent qu'ils ont le choix et ils ont choisi leur mode de transport en faisant un arbitrage entre la voiture et les transports publics.

Les seules exceptions proviennent de la 3^{ème} et de la 11^{ème} interviewées. La voiture n'a jamais été une option pour la 3^{ème}, vu qu'elle n'a pas passé son permis de conduire. Il faut noter que la 3^{ème} interviewée a l'un des budget-temps de transport les plus élevés par rapport à la distance parcourue (1 heure en transports publics pour parcourir environs 13 km). La 11^{ème} n'a jamais fait le déplacement en transports publics, mais elle croit que ça lui prendrait

environs 2 heures au lieu de 45 minutes. Elle a le budget-temps de transport le moins important parmi tous les autres interviewés (90 minutes).

4. Les répondants pratiquant l'intermodalité transports publics - automobile

Deux interviewés sont multimodaux en utilisant la voiture et les transports publics dans le même trajet domicile-travail. Dans les deux cas, les interviewés font un déplacement entre 10 et 15 minutes en voiture pour atteindre une gare où ils prennent le train pour continuer le trajet. On pourrait alors se poser la question « pourquoi ils ne font pas le trajet exclusivement en voiture ? ».

Les deux interviewés habitent dans des villages avec une mauvaise desserte des transports publics, alors ils sont obligés de faire une partie du déplacement en transport individuel. Tous les deux aiment la tranquillité de la campagne et ils habitent dans une maison individuelle en dehors de la ville. Nous remarquons encore plusieurs similitudes entre les deux interviewés multimodaux :

- Les deux considèrent la partie en transports publics comme « décompressante » ou « déstressante ». La 7^{ème} interviewée regarde le déplacement domicile-travail en tant que coupure entre le domicile et le travail. Elle n'a rien à faire pendant ces déplacements et elle ne se stresse pas comme en voiture. Le 10^{ème} interviewé profite de ce temps pour être seul, sans les enfants. Selon lui, ces enfants prennent beaucoup de son attention à la maison, alors la partie en train lui permet de décompresser. L'interviewé aime également le calme et l'espace dans les trains InterCity.
- Les deux ont déjà des expériences en transports publics avant d'avoir déménagé en campagne. De plus, les deux n'ont jamais effectué les déplacements domicile-travail en voiture avant l'achat de leur maison.
- Les deux trouvent la voiture « dangereuse » et « polluante ».

La partie de déplacement en voiture est donc une obligation pour les deux interviewés et leurs activités pendant les déplacements en voiture sont très limitées (et ils s'en rendent compte).

5. Les activités réalisées pendant le déplacement domicile-travail

Pour ceux utilisant les transports publics pour se rendre au travail, tous lisent, travaillent, dorment, socialisent avec des personnes dans le train, ou écoutent la musique. Dans ce sens, il nous semble que les interviewés profitent de ce temps. Cependant le temps de déplacement reste toujours considéré par les répondants comme du « temps perdu » pour tous les utilisateurs des transports publics. Selon eux, ils ne profitent jamais à 100% de ce temps :

- Le 1^{ère} et 8^{ème} interviewés n'arrivent pas à bien travailler dans le train régional, vu qu'il y a trop de monde.
- La 3^{ème} interviewée préférerait dormir davantage à la maison au lieu de passer du temps en déplacement.
- La 4^{ème} interviewée n'a pas assez de temps pendant le trajet pour terminer du travail dans le train. Le travail reste donc toujours incomplet.
- La 7^{ème} interviewée profite du temps pendant le déplacement, mais elle aurait pu faire des choses beaucoup plus constructives à la maison si elle faisait un temps de déplacement plus court.
- Le 9^{ème} interviewé trouve seulement le trajet « productif » le matin quand il travaille, mais le soir, le trajet reste trop « fatigant ».
- Le 10^{ème} interviewé profite du temps de déplacement en transports publics, mais vu qu'il fait également une partie en voiture et il a des grandes périodes d'attente à la gare (il ne fait pas d'activités pendant ces moments-là), il n'en profite alors qu'à moitié.

Contrairement aux utilisateurs des transports publics, les quatre interviewés utilisant la voiture font des activités beaucoup moins variées pendant les déplacements domicile-travail, alors ils profitent encore moins que ceux en transports publics :

- Le 2^{ème} ne profite pas du tout de ses déplacements domicile-travail et il n'écoute que les nouvelles à la radio. Pour lui, le temps est complètement perdu.
- La 6^{ème} interviewée écoute la musique ou elle fait des appels avec son portable, alors elle profite de ce temps pour se déconnecter. Cependant, en même temps, la route est longue et elle n'arrive pas à se reposer en conduisant.
- La 11^{ème} n'écoute que les nouvelles ou la musique à la radio, mais elle profite car la conduite lui plaît en tant que telle, alors elle n'a pas besoin de faire d'autres activités.
- Parmi ceux qui conduisent exclusivement, le 5^{ème} interviewé profite le plus de ce temps de déplacement. Il écoute les disques qu'il ne peut pas écouter chez lui, vu qu'il ne veut pas déranger la famille. Il passe donc des disques pendant tout le déplacement et, selon lui, il en profite vraiment pour améliorer sa culture musicale.

6. Le seuil de pénibilité de deux heures de trajet

Pour sélectionner les personnes, nous avons essayé de trouver celles qui passaient au moins deux heures par jour en déplacement. Cependant, trois personnes ont été retenues avec un budget-temps inférieur à cela :

1. La 6^{ème} interviewée passe au minimum 100 minutes en déplacement, mais avant d'avoir effectué l'interview, il nous semblait qu'elle en faisait davantage.
2. La 7^{ème} interviewée passe au minimum 100 minutes en déplacement, mais elle a été choisie car elle effectue le trajet domicile-travail en voiture et en transports publics.
3. La 11^{ème} personne passe au minimum 90 minutes en déplacement, mais elle a été retenue car elle pratique le covoiturage pour aller au travail.

Parmi ces trois interviewées, nous trouvons les deux seules personnes qui « vivent presque complètement bien » ce temps de déplacement domicile-travail. Tous les interviewés ayant au moins deux heures de déplacement par jour notent toujours « fatigant », et souvent « long » comme adjectifs, alors que les 7^{ème} et 11^{ème} ne les citent pas. De plus, elles ont beaucoup plus de plaisir à effectuer ces déplacements domicile-travail et très peu de perceptions négatives par rapport aux autres déplacements hors-travail.

La 7^{ème} interviewée, par exemple, trouve les déplacements domicile-travail « déstressants » car il s'agit d'une coupure entre chez elle et le travail. De plus, même si les horaires en transports publics sont « contraignants », elle a beaucoup de peine à arriver à l'heure. Désormais, le trajet la rend plus « ponctuelle » et elle peut mieux gérer son temps libre, qui est très important pour elle.

La 11^{ème} interviewée a beaucoup de plaisir pour la conduite, alors en général, les déplacements domicile-travail lui plaisent. Le matin, le temps de déplacement lui permet de se réveiller, vu qu'elle a de la peine d'être de bonne humeur. Elle trouve également ces déplacements « déstressants » car elle déconnecte du travail. Elle profite donc à 100% de ces déplacements.

On remarque plusieurs critères qui lient les deux interviewées :

- Les deux habitent dans une maison en campagne vaudoise aux villages mal desservis par les transports en commun et loin des services. La 7^{ème} interviewée décrit son village comme un « village dortoir » où il n'existe que des maisons et des résidences, alors que la 11^{ème} interviewée habite à 5 minutes du village d'Ollon « au milieu de nulle part ».

- Elles habitent avec leur compagnon, mais elles n'ont pas d'enfant. De plus, en dehors des déplacements domicile-travail, si elles font un déplacement en voiture avec leur compagnon respectif, elles conduisent toujours.
- Les deux ont fait un apprentissage en tant que dernière formation complétée.
- Les deux auront de la peine à faire une heure pour faire un déplacement domicile-travail. La 11^{ème} interviewée a même fixé un seuil de 50 minutes (jusqu'à Morges). Si un meilleur poste se libère plus loin de 50 minutes, elle ne le prendra pas.

La seule exception est la 6^{ème} interviewée, mais elle ne fait plus le déplacement car elle a arrêté le travail il y a trois mois. Une raison pour laquelle elle l'a laissé est à cause du temps de déplacement. Elle pensait qu'elle changerait de poste plus près de Genève, mais le poste devenait de plus en plus « permanent » à Ecublens.

7. Déplacements passés et perceptions du budget-temps de transport

Pour aborder les liens entre budget-temps de transport et histoire de la mobilité, nous avons posé des questions visant à établir le seuil personnel à partir duquel l'interviewé considère les déplacements comme longs. Ensuite, avec les questions historiques, nous avons pu voir si l'individu a déjà effectué des déplacements « longs » dans le passé et lié cet historique aux perceptions actuelles.

Si l'on utilise les perceptions respectives de l'interviewé, seulement la 7^{ème} interviewée faisait auparavant des déplacements « longs » pour le travail. Pendant un an, elle faisait Clarens, Vaud → Genève en train (plus qu'une heure) et elle le vivait relativement mal. Selon elle, une heure est considérée longue pour un déplacement de travail.

Cependant deux interviewés faisaient des déplacements qui pourraient être considérés « longs » pour les autres, mais ils n'étaient pas considérés longs selon l'interviewé. Par exemple, le 9^{ème} interviewé faisait Genève → Morges en train (40 minutes) pendant 2 ans, mais il considère qu'un déplacement pour le travail est long à partir d'une heure. Le 10^{ème} faisait Genève → Lausanne pendant deux ans à vélo et en train (une heure), mais il considère qu'un déplacement pour le travail est long à partir d'une heure et demie.

Conclusion de la partie 4

Référant à nos hypothèses initiales, la recherche qualitative illustre certains facteurs qui influencent les personnes à choisir la pendularité à longue durée. Les résultats nous fournissent des pistes d'explication, sur les individus possédant un budget-temps de transport largement au-dessus de la moyenne.

Il existe d'abord des emprises individuelles et sociologiques qui forment l'individu dans sa décision de consacrer une grande partie de son temps dans les déplacements. Nos conclusions montrent l'importance des convictions personnelles, souvent par rapport à la sécurité, à l'environnement ou à la sphère familiale, qui sont fortement liées à un temps de déplacement élevé par la propre volonté de l'individu. Les gains de l'engagement à ces convictions pèsent donc plus que les inconvénients de la perte du temps libre à cause des déplacements domicile-travail.

Ensuite, nous confirmons que les activités durant les déplacements comblent partiellement le manque de temps quotidien disponible. Les déplacements ne servent pas uniquement à se déplacer physiquement. Toutes les personnes interviewées font d'autres activités en parallèle,

surtout celles qui se déplacent en transports publics. Cependant, le temps « libre » en déplacement n'est jamais complètement rentable à cause de plusieurs aspects (pas assez de temps, difficile de se concentrer, etc.), et le temps est considéré partiellement perdu.

Le trajet à longue durée représente également une coupure entre différents mondes. Certains interviewés profitent non seulement des activités effectuées pendant le déplacement, mais aussi du déplacement même. En effet, selon nos conclusions, un individu peut utiliser le temps de déplacement en tant qu'espace tranquille, s'échappant à des pressions sociales. Dès lors, le déplacement n'est pas simplement un parcours physique, mais aussi mental.

Enfin, le seuil de pénibilité d'un temps de déplacement quotidien se trouve probablement autour de 120 minutes. Quoique nous n'ayons pas assez de personnes pour confirmer cette hypothèse dans cette recherche, les individus possédant un temps de déplacement en dessous de 120 minutes vivent relativement bien leur budget-temps et ne regrettent pas de réaliser les trajets à longue durée pour le travail régulièrement. Par contraire, dans le reste de notre échantillon, les individus faisant 120 minutes ou plus, ne vivent distinctement pas aussi bien la pendularité que les autres.

Conclusion Générale

La base de données constituée pour cette étude offre une grande opportunité d'analyse des mobilités de ces 7 villes suisses et françaises, tant à un niveau agrégé, qu'à un niveau désagrégé. L'échantillon complet est composé de plus de 240 000 déplacements et 55 000 individus. Pour lesquels, les attributs des déplacements décrivent leurs origine et destination, le mode de transport utilisé, le jour et l'horaire de réalisation du déplacement et sa durée. Les nombreux attributs individuels et du ménage renseignent sur le genre, l'âge, le statut professionnel, la possession du permis de conduire, le taux de motorisation, la structure du ménage, sa zone de résidence, etc.

De plus, le choix des villes offre une diversité des situations urbaines suffisante pour comparer les dépenses temporelles de mobilité d'organisations urbaines différenciées et pour discuter, par comparaison, des probables impacts des politiques de transport et des politiques urbaines menées dans ces villes. Certes, de nombreux ajustements et apurements ont été nécessaires afin d'assurer la comparabilité des données, et leur mise en œuvre ne vise qu'à répondre aux exigences de notre sujet d'étude. En conséquence, certains thèmes de l'étude des mobilité ne peuvent être abordés (par exemple, les interactions entre membres d'un ménage) et certaines limites sont imposées par certains choix (comme par exemple, la nomenclature des motifs commune aux 14 enquêtes). Toutefois, cette base reste un outil de choix pour notre étude des budgets-temps de transport.

L'analyse des distributions des budgets-temps de transport est réalisée aux niveaux agrégé et désagrégé. L'observation des budgets-temps de transport moyens de chaque ville indique des dépenses temporelles de mobilité plus importantes dans les agglomérations suisses. Mais, ce résultat est atténué par les médianes observées. L'écart entre les budgets-temps de transport suisses et français semble provenir, au moins en partie, d'un biais à la hausse dû aux queues de distribution suisses caractérisant les budgets-temps de transport élevés. Alors que les queues de distribution pour les valeurs faibles des budgets-temps de transport sont très proches.

De plus, les villes suisses sont caractérisées par des budgets-temps de transport croissants du centre vers la périphérie, alors qu'ils sont décroissants en France. Compte tenu du poids relatif de la zone centre par rapport aux zones suburbaine et périurbaine, ces variations opposées ont pour effet de tirer les budgets-temps de transport moyens au niveau de l'agglomération, vers le haut pour les villes suisses et vers le bas pour les villes françaises.

Enfin, le budget-temps de transport suisse plus élevé semble s'expliquer par les 3 éléments suivants :

- des temps par déplacement plus longs quel que soit le mode de transport,
- un usage plus intensif de la marche associé à des temps par déplacement plus longs,
- et un usage plus intensif des transports collectifs associé à des temps par déplacement plus longs.

Ce dernier élément paraît être le moins influent sur le budget-temps de transport moyen,

compte tenu de la part relativement faible de déplacements concernés et des temps par déplacement.

Tant au niveau agrégé qu'au niveau désagrégé, les budgets-temps de transport sont étudiés en relation avec les attributs individuels et du ménage. S'il est difficile de soutenir une relation entre deux variables en observant au niveau agrégé les moyennes de chacune, l'approche désagrégée mise en œuvre ici est particulièrement adaptée. La modélisation désagrégée qui est proposée tient compte des corrélations multiples entre les variables et parvient à évaluer les effets d'une variable « toute chose égale par ailleurs », c'est à dire en intégrant les effets potentiels des autres variables sur le budget-temps. De plus, le modèle de durées mis en œuvre analyse l'ensemble de la distribution des budgets-temps de transport et capture l'effet d'une variable sur l'ensemble de la distribution. Les résultats obtenus par cette analyse désagrégée sont alors d'autant plus robustes par rapport à l'analyse agrégée, fondée sur l'observation des moyennes.

En outre, la validation de l'effet des variables sur l'ensemble de l'échantillon des sept agglomérations laisse supposer une transférabilité et une généralisation des relations mises en évidence par le modèle. Ainsi, certains mécanismes d'adaptation des budgets-temps de transport semblent plus particulièrement à l'œuvre. Un cycle hebdomadaire apparaît nettement. Les attributs individuels et les attributs du ménage indiquent des effets qui peuvent s'organiser autour (1) du partage des responsabilités du ménage entre ses membres, (2) du niveau d'activité professionnelle et d'activité discrétionnaire individuelle, (3) de l'accès aux modes de transport, (4) de la localisation résidentielle.

La convergence des résultats des méthodologies économétriques et sociologiques soulève la question de la gestion individuelle des dépenses temporelles de déplacement. Le modèle ainsi que les entretiens révèlent des comportements de mobilité qui résultent en une gestion du temps de transport quotidien *a priori* paradoxale, dans le sens où il semble exister des facteurs qui peuvent inciter les individus à accepter un temps de déplacement particulièrement long. Ce résultat paraît atypique relativement à la conception courante du temps de transport en tant que coût que l'individu cherche avant tout autre chose à minimiser. L'analyse sociologique met en évidence les facteurs culturels et familiaux, les considérations environnementales ou sécuritaires, les choix de mode de vie, etc. qui motivent les temps de transport élevés des individus enquêtés. Cette gestion paradoxale des temps de transport conduit à remettre en question la stabilité annoncée des budgets-temps de transport, ainsi que l'impact des politiques de transport. De façon générale, l'interaction entre le comportement de mobilité et celui d'allocation du temps aux activités doit être reconsidérée, face à la transformation du rapport aux temps de nos sociétés.

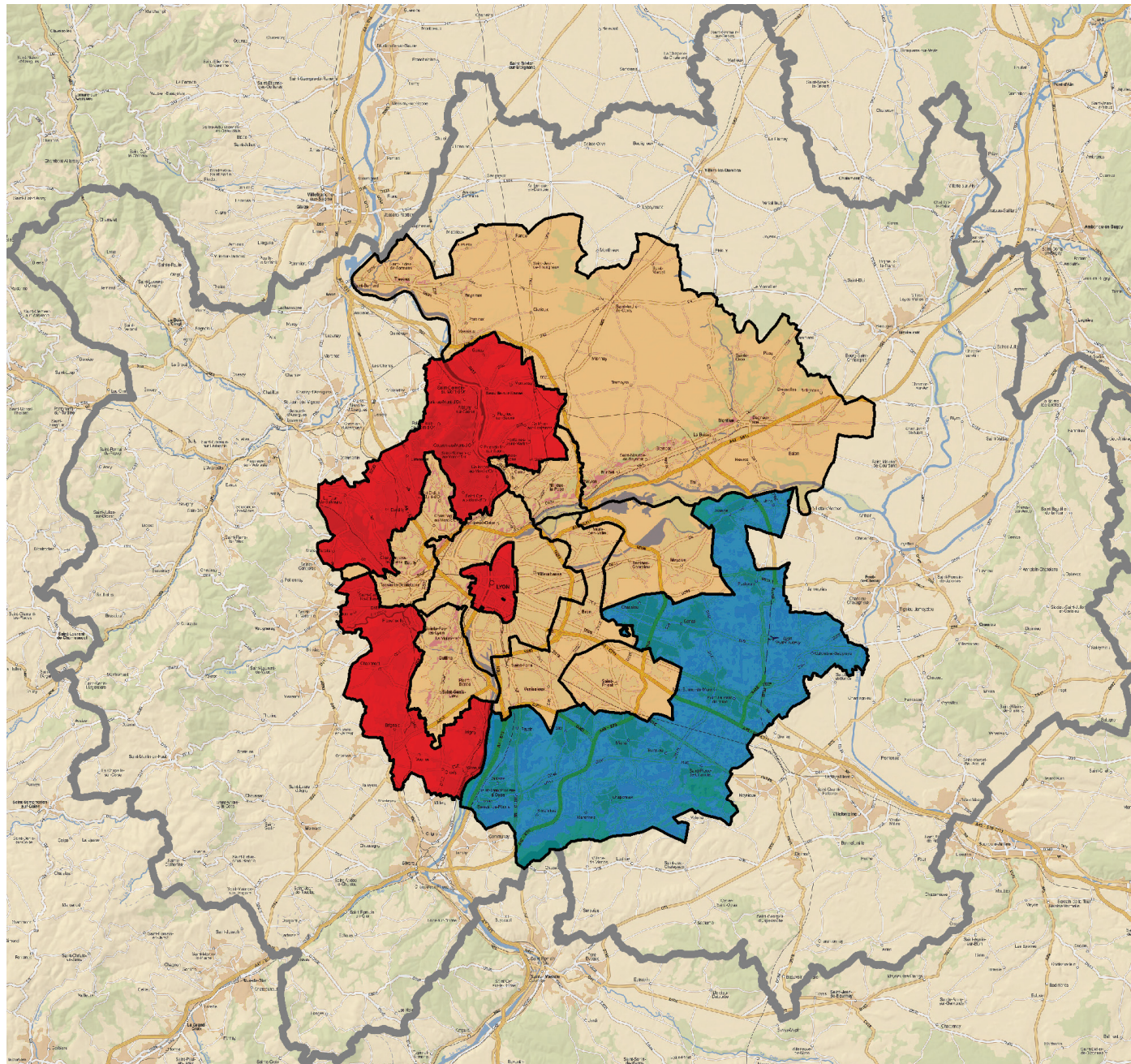
En définitive, les différents résultats de l'étude des budgets-temps de transport relativement aux localisations résidentielles (entre agglomérations ou entre zones), aux durées des activités de travail, d'achat et de loisir, aux attributs individuels et des ménages indiquent l'intérêt de la prise en compte dans l'analyse des mobilités et de leurs durées, des dimensions évoquées en introduction :

- les attributs individuels et du ménage, qui définissent les possibilités en termes de mobilité et les obligations en termes d'activités, et qui caractérisent de façon plus générale le mode de vie et de mobilité de l'individu ;
- les temps urbains, au sens de la gestion des temps de transport individuels dans un système de temporalités urbaines, du ménage et individuelles. La constitution des emplois du temps est réalisée par l'individu en tenant compte de ces multiples interactions. L'introduction de la dimension temporelle est réalisée au niveau individuel par la prise en

considération des relations entre les durées d'activités et le temps de transport. En dépit du fait que ces relations ne sont certainement pas univoques, cette étude confirme que les budgets-temps de transport sont liés aux activités poursuivies. Et la modélisation de ces relations permet de proposer des intensités temps de transport des durées d'activités différentes selon le type d'activité et non-linéaires avec les durées d'activité ;

- les espaces urbains, au sens de la caractérisation pour une zone de l'offre d'aménités, de l'accès à ces aménités et de la contrainte sur les déplacements, résultant de la structure urbaine et du système de transports. Les résultats obtenus indiquent, tant au niveau agrégé qu'au niveau désagrégé une association des budgets-temps de transport aux zones de localisations résidentielles. Toutefois, ce constat reste difficilement interprétable en raison du découpage spatial des agglomérations en trois zones, nécessaire pour assurer une comparabilité entre villes, mais qui est insuffisamment précis pour pouvoir rapprocher les observations des budgets-temps de transport aux caractéristiques des zones. Ce que montre l'analyse désagrégée réalisée pour Lyon sur la base d'un découpage un peu plus fin en sept zones est illustré sur la carte III-1. Elle fait apparaître les niveaux de budgets-temps de transport prédits par le modèle pour chacune des sept zones. Les budgets-temps de transport plus faibles sont situés à l'est de l'agglomération, alors que les budgets-temps de transport les plus élevés sont associés aux zones de l'ouest lyonnais et du centre. Compte tenu des caractéristiques de l'agglomération, ces différences peuvent trouver leurs origines : dans un système de transport plus favorable à l'est, doté en infrastructures routières rapides pouvant réduire les temps de déplacement ; dans un relief rendant plus difficile les déplacements dans les monts à l'ouest de Lyon, qui sont de plus peu dotés en infrastructures routières rapides ; dans une attractivité plus importante et un réseau de transports collectifs performants dans la zone centrale, pouvant conduire à une plus forte mobilité et une plus forte participation à des activités hors-domicile. Afin, de préciser cette intuition, nous avons testé une représentation cartographiée des budgets-temps de transport et du nombre de déplacements en surimpression du système de transport autoroutier pour l'agglomération grenobloise. La carte III-2 montre nettement une réduction des budgets-temps de transport associés aux zones de résidence dotées d'un échangeur autoroutier, pour des nombres de déplacements équivalents.

Carte III-1 : Budgets-Temps de Transport (BTT) selon la zone de résidence - découpage EMD de Lyon 1995 en 7 zones



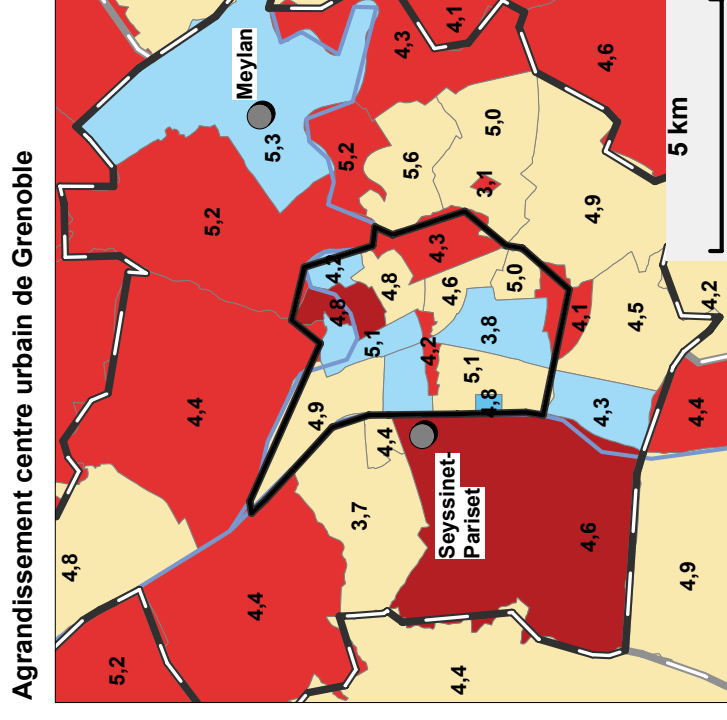
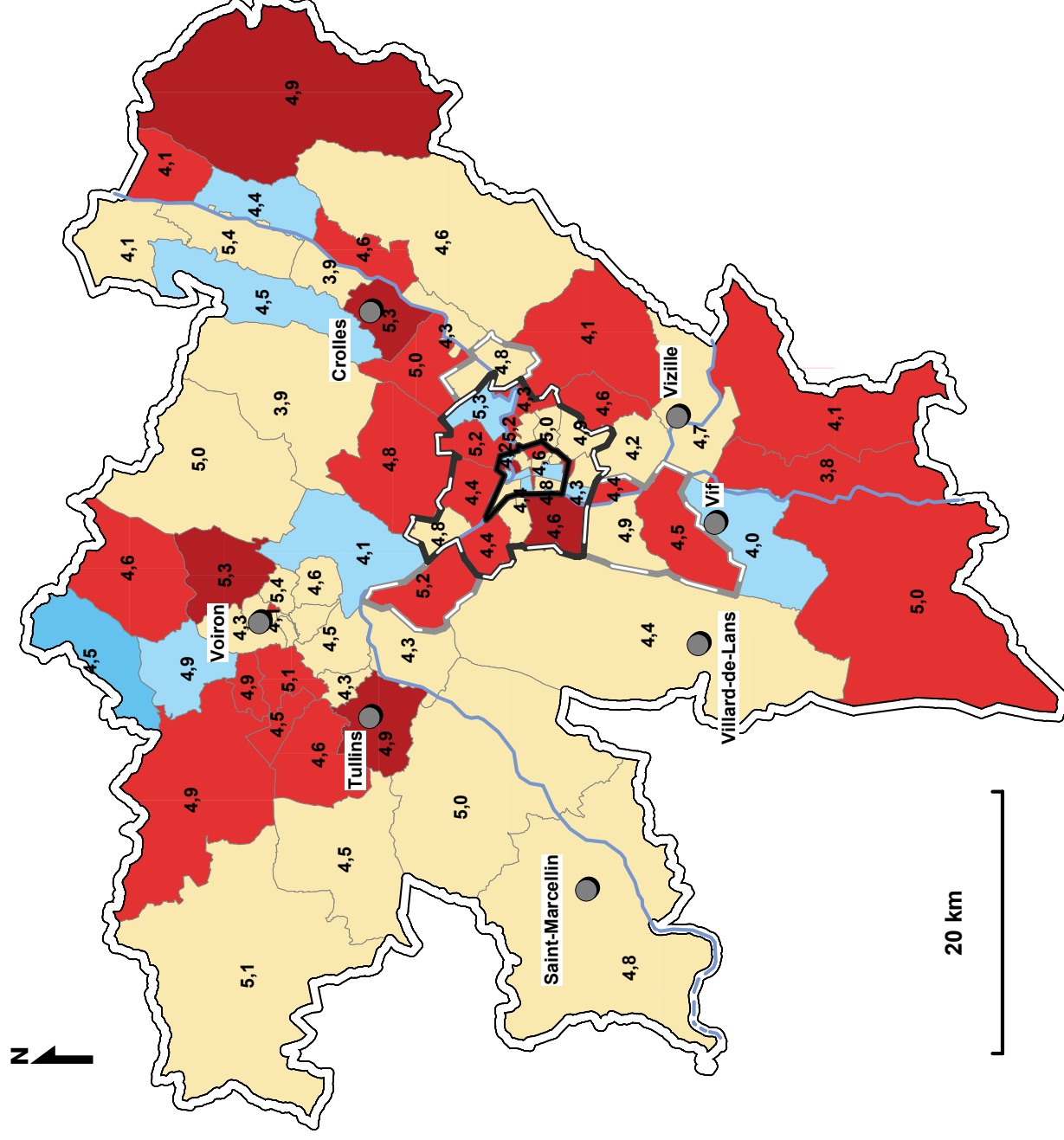
Budgets-Temps de Transport

- : BTT médian + 5%
- : BTT médian
- : BTT médian - 5%

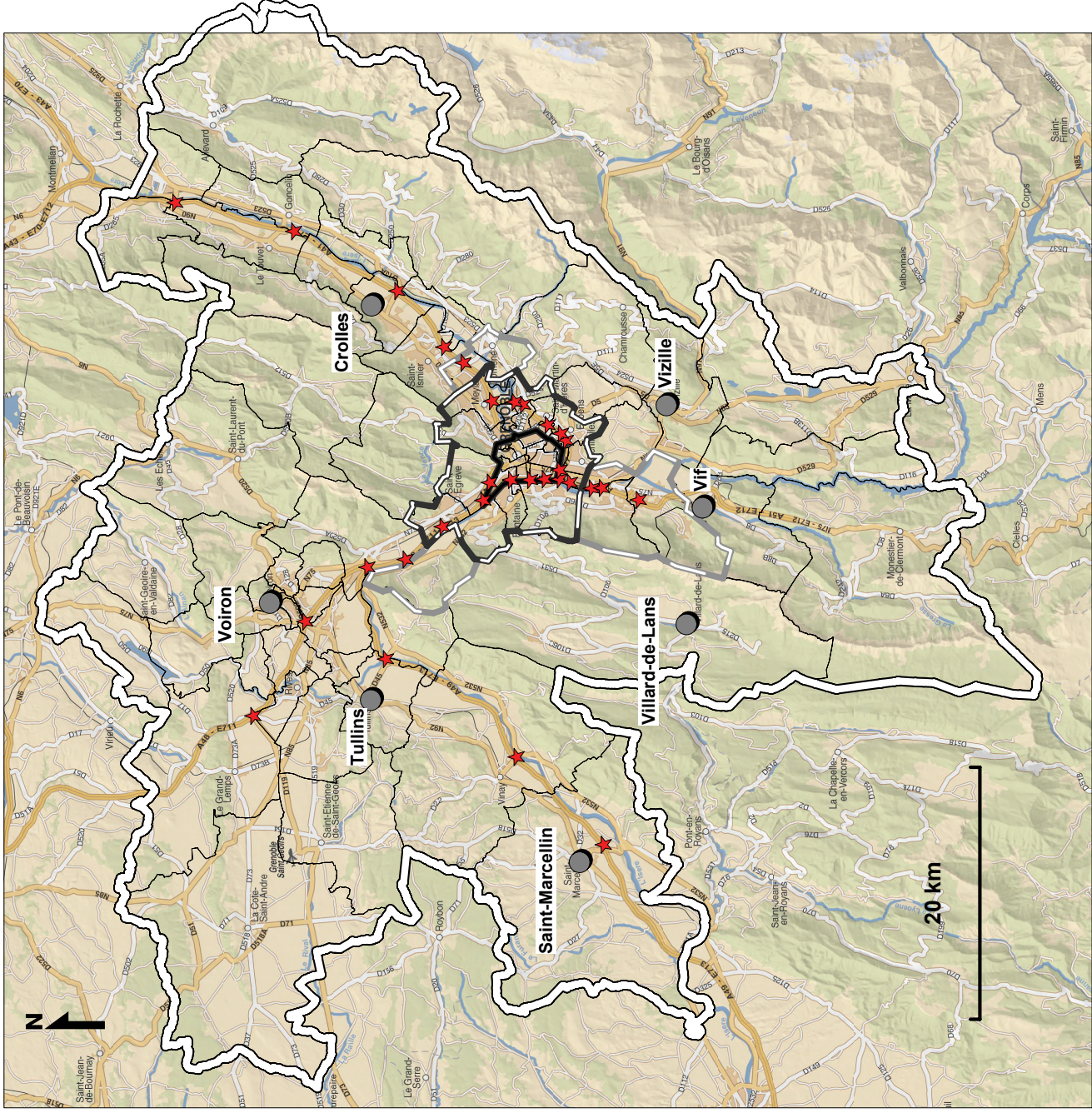
0 25 km

© UMR LET 5593 CNRS
Traitements statistiques : Iragaël Joly
Réalisation : Nicolas Ovtracht, Valérie Thiébaud
Source : CERTU

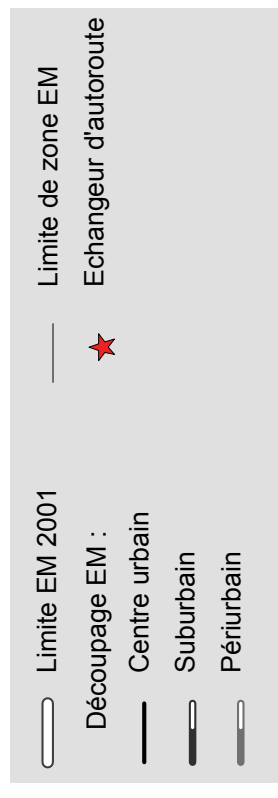
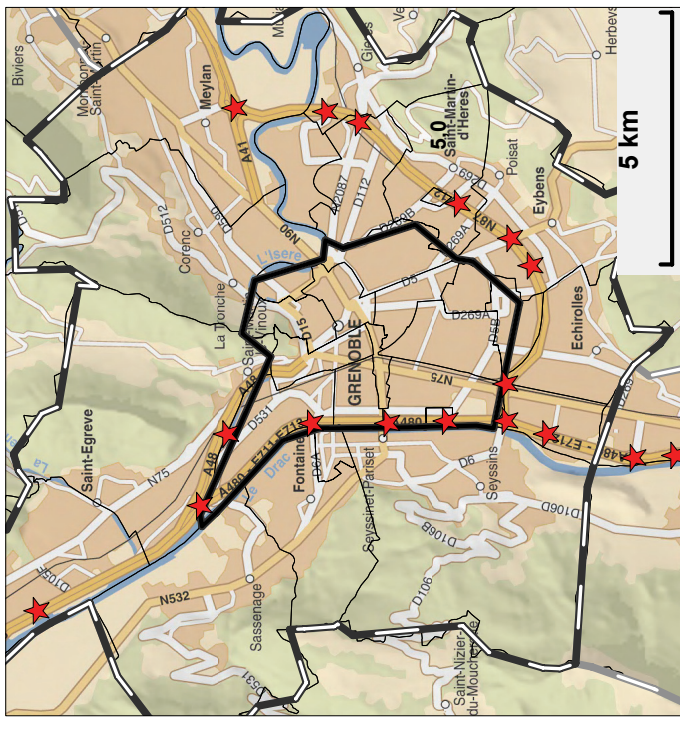
Carte III-2 : Budgets-Temps de Transport moyens (BTT) et nombre de déplacements moyen par zone : Grenoble (découpage EM en 87 zones)



**Carte III-2b : Budgets-Temps de Transport moyens (BTT)
et nombre de déplacements moyen par zone : Grenoble (découpage EM en 87 zones)**



Agrandissement centre urbain de Grenoble



© UMR LET 5593 CNRS
 Traitements statistiques : Iratgé Joly
 Réalisation : Nicolas Ovracht, Valérie Thiébaud
 Source : CERTU

Bibliographie

- Adeus, Communauté de Strasbourg, (2003), *Effets du tramway sur les déplacements individuels*, In : Rapport annuel de l'observatoire des effets du tramway : 2001, chemise 3.
- Aeschbacher Ruedi, (1989), *L'Expérience de Zurich, Referat von Stadtrat Dr. Ruedi Aeschbacher am Symposium « Moderation de la Circulation » in Genf vom 7.4.1989*.
- Agence d'Urbanisme pour le Développement de l'Agglomération Lyonnaise, (2003), *Différences & Inégalités territoriales, quel lien avec la mobilité ?*
- Allison P. D., (1995), *Survival analysis using SAS – A practical guide*, Cary, SAS Publishing, 292 p.
- Andersen P.K., O. Borgan, R.D. Gill et N. Keiding, (1993), *Statistical models based on counting process*, New-York, Springer-Verlag, 784 p., cité dans D.W. Hosmer et S. Lemeshow, (1999), *Applied survival analysis*, New York, John Wiley & Sons, 386 p.
- Arbeitsgruppe ESP, (1995), *Dritter Zwischenbericht an den Regierungsrat des Kantons Bern*.
- AUDIAR, (2004), OBSERVATOIRE DES DEPLACEMENTS : Bulletin n°2, mai 2004.
- Berndt E.R., (1996), « *The practice of econometrics: classic and contemporary* », Reading, Massachusetts, Addison Wesley Publishing Co., 702 p.
- Bhat C.R., (1996a), « A hazard-based duration model of shopping activity with non-parametric baseline specification and non-parametric control for unobserved heterogeneity », *Transportation Research Part B*, 30(3), p. 189-207.
- Bhat C.R., (1996b), « A generalised multiple durations proportional hazard model with an application to activity behaviour during the evening work-to-home commute », *Transportation Research part B*, 30(6), p.465-480.
- Bhat C.R., (2000), « Duration modelling », dans D.A. Hensher et K.J. Button, *Handbook of transport modelling*, Oxford, Elsevier Science, p. 91-111.
- Bhat C.R., T. Frusti, H. Zhao, S. Schonfelder et K.W. Axhausen, (2004a), « Intershopping duration: an analysis using multiweek data », *Transportation Research Part B*, 38(1), p. 39-60.
- Bhat C.R. et F.S. Koppelman, (1999), « A retrospective and prospective survey of time-use research », *Transportation*, 26(2), p. 119-139.
- Bhat C.R. et R. Misra, (1999), « Discretionary activity time allocation of individuals between in-home and out-of-home and between weekdays and weekends », *Transportation*, 26(2), p. 193-209.
- Bhat C.R. et J.L. Steed, (2002), A continuous-time model of departure time choice for urban shopping trips, *Transportation Research Part B*, 36(3), p. 207-224.
- Bhat C.R., A. Sivakumar et K.W. Axhausen, (2003), « An analysis of the impact of information and communication technologies on non-maintenance shopping activities », *Transportation Research Part B*, 37(10), p. 857-881.
- Bhat C.R., S. Srinivasan et K.W. Axhausen, (2005), « An analysis of multiple interepisode durations using a unifying multivariate hazard model », *Transportation Research Part B*, 39(9), p. 797-823.
- Canton de Berne, (1994), *Défis, problèmes et tâches du canton de Berne*.
- Canton de Berne, (1983), *Schlussbericht der Regionenkommission des Kantons Bern*.

- Chen C. et P.L. Mokhtarian, (2005), « An exploratory study using AIDS model for tradeoffs between time allocations to maintenance activities/travel and discretionary activities/travel », *Transportation*, (à paraître).
- Cleves M., Gould W.W. et Gutierrez R.G., (2004), *An introduction to survival analysis using Stata*, Texas, College Station, Stata Press, 308 p.
- Collett D., (1994), *Modelling survival data in medical research*, Londres, Chapman Hall, UK, 350 p.
- Communauté Urbaine de Strasbourg, (2003), *Plan de Déplacements Urbains*.
- Cox D.R., (1972), « Regression models and life tables », *Journal of the Royal Statistical Society Series B*, 34(2), p. 187-202.
- Cox D.R et D. Oakes, (1988), *Analysis of survival data*, Londres, Chapman and Hall.
- Cox D.R. et E.J. Snell, (1968), « A general definition of residuals with discussion », *Journal of Royal Statistical Society, Series B*, 30(2), p.248-275.
- Crozet Y., Joly I., (2004), « Budgets temps de transport : les sociétés tertiaires confrontées à la gestion paradoxale du « bien le plus rare » », *les Cahiers Scientifiques du Transport*, n°45, pp.27-48.
- Damm D., (1982), Parameters of activity behavior for use in travel analysis, *Transportation Research Part A*, 16(2), p. 135-148.
- DeJong G., (1996), « A disaggregate model system of vehicle holding duration, type choice and use », *Transportation Research Part B*, 30(4), p. 263-276.
- Derrien Anne, (2000), *Présentation du Plan de Déplacements Urbains de Rennes, rapport de l'Observatoire des Processus Politiques de Production des Plans de Déplacements Urbains*, LATTS, Septembre 2000.
- Efron B., (1977), « The efficiency of Cox's likelihood function for censored data », *Journal of the American Statistical Association*, 72(359), p. 557-565.
- Ettema D.F., (1996), « *Activity based travel demand modelling* », Thèse de Doctorat, Eindhoven, Université technique de Eindhoven, 297 p.
- Ettema D.F., A.W.J. Borgers et H.J.P. Timmermans, (1993), « Simulation model of activity scheduling behavior », *Transportation Research Record*, 1413, p.1-11.
- Ettema D.F., A.W.J. Borgers et H.J.P. Timmermans, (1995), « Competing risk hazard model of activity choice, timing, sequencing and duration », *Transportation Research Record*, 1493, p.101-109.
- Ettema D.F. et H. Timmermans, (1997), « Theories and models of activity patterns », dans D.F. Ettema et H. Timmermans, *Activity-based approaches to travel analysis*, Oxford, Pergamon, p. 1-36.
- Ettema D., T. Schwanen et H Timmermans, (2004), « Task allocation patterns: an assessment of household-level strategies », *EIRASS Conference on « Progress in Activity-Based Analysis »*, Maastricht, 28-31 mai, 31 p.
- Flamm M., (2005), « Le vécu des temps de déplacement : cadres d'expérience et réappropriations du temps », dans B. Montulet, et al. (ed.), *Mobilités et Temporalités*, PFUSL, Bruxelles, p. 183-196.
- Fleming T.R. et D.P. Harrington, (1991), *Counting process and survival analysis*, New York, John Wiley & Sons, 429 p., cité dans D.W. Hosmer et S. Lemeshow, (1999), *Applied survival analysis*, New York, John Wiley & Sons, 386 p.

- Fujii, S., R. Kitamura et K. Kishizawa, (1999), « Analysis of individuals' joint activity engagement using a model system of activity-travel behavior and time use », *Transportation Research Record*, 1676, p.11-19.
- Galliker Hans-Rudolf, (1997), *Tramstadt, Öffentlicher Nahverkehr und Stadtentwicklung am Beispiel Zürich*.
- Garling T., M.P. Kwan et R.G. Golledge, (1994), « Computational-process modelling of household activity scheduling », *Transportation Research Part B*, 28(5), p. 355-364.
- Gilbert C., (1992), « A duration model of automobile ownership », *Transportation Research Part B*, 26(2), p. 97-114.
- Gliebe J.P. et F.S. Koppelman, (2002), « A model of joint activity participation between household members », *Transportation*, 29(1), p. 49-72.
- Golob T.F., (1998), « A model of household demand for activity participation and mobility », dans T. Gärling, T. Laitila et K. Westin, *Theoretical Foundations of Travel Choice Modeling*, Oxford, Pergamon, p. 365-398.
- Golob T.F., (1990b), « Structural equation modeling for travel choice dynamics », dans P. Jones, *Developments in dynamics and activity-based approaches to travel analysis*, Aldershot, Gower Publishing Co., p. 343-370.
- Golob T.F., (2000), « A simultaneous model of household activity participation and trip chain generation », *Transportation Research Part B*, 34(5), p. 355-376.
- Golob T.F., (2003), « Structural equation modeling for travel behavior research », *Transportation Research Part B*, 37(1), p.1-25.
- Golob T.F. et M.G. McNally, (1997), « A model of activity participation and travel interactions between household heads », *Transportation Research Part B*, 31(3), p. 177-194.
- Gras Pierre, (1990), *Lyon 2010, Une ville pour vivre et pour rêver*.
- Greene W.H., (1997), *Econometric analysis*, New York University, Prentice Hall International, 1075 p.
- Greenwood M., (1926), *The natural duration of cancer*, Reports on public health and medical subjects, Her majesty's stationery office, Londres, 33, p. 1-26
- Hamed M., S.G. Kim et F. Mannering, (1992), « A note on travelers'home-stay duration and the efficiency of proportional hazards models », *Working paper*, Seattle, University of Washington, Department of Civil Engineering..
- Hamed M. et F. Mannering, (1993), « Modelling travellers post-work activity involvement : toward a new methodology », *Transportation Science*, 27(4), p. 381-394.
- Han A. et J.A. Hausman, (1990), « Flexible parametric estimation of duration and competing risk models », *Journal of Applied Econometrics*, 5(1), p. 1-28.
- Heckman J. et G. Borjas, (1980), « Does unemployment cause future unemployment? Definitions, questions and answers from a continuous yime model of heterogeneity and state dependence », *Economica*, 47(187), p. 247-283.
- Heckman J. et B. Singer, (1984), « A method for minimising the impact of the distributional assumption in econometric models for duration data », *Econometrica*, 52(2), p. 271-320.
- Hensher D., (1997), « The timing of change: discrete and continuous time panels in transportation », Chap. 12, dans T.F Golob, R. Kitamura et L. Long, (eds), *Panels for transportation planning. Methods and applications*, Massachusetts, Transportation Research, Economics and Policy, Kluwer Academic Publishers, 5, 416 p.

- Hensher D., (1998), « The timing of change for automobile transactions: competing risk multi-spell specification », dans J.D. Ortuzar, D. Hensher et S. Jara-Diaz, *Travel Behaviour research: updating the state of play*, Oxford, Pergamon, p. 487-506.
- Hensher D. et F. Mannering, (1994), « Hazard-based duration models and their application to transport analysis », *Transportation Reviews*, 14(1), p. 63-82.
- Hosmer D.W. et S. Lemeshow, (1999), *Applied survival analysis*, New York, John Wiley & Sons, 386 p.
- IBV W. Hüsler AG, (2003), *Agglomération de Zurich, La politique de déplacements menée et ses effets sur le CO2 et sur le trafic*, 25 novembre 2003.
- Jara-Díaz S.R., (2000), « Allocation and valuation of travel-time savings », dans D.A. Hensher et K.J. Button, *Handbook of transport modelling*, Oxford, Elsevier Science, p. 303-319.
- Joly I., (2003), Les rapports espace-temps de la mobilité quotidienne et les systèmes productifs des transports urbains - Une analyse de la base UITP sur les systèmes de transports urbains de 100 villes du monde, *Rapport des travaux effectués dans le cadre de l'atelier technique du Commissariat Général du Plan sur les transports urbains, présidé par Alain Bonnafous*, 90 p.
- Joly I., (2005), L'allocation du temps au transport – De l'observation internationale des budgets-temps de transport aux modèles de durées, Thèse de doctorat, Université Lumière Lyon 2, 489p.
- Joly I., D. Bouf et Y. Crozet, (2004), « The travel time paradox hypothesis: foundations and perspectives, Symposium International », *Urban mobilities, The Research issues in China and abroad*, Tsinghua University, Beijing, 9-11 octobre.
- Joly I., Masson S. et Petiot R., (2003), *La part modale des transports en commun dans les villes du monde - Une analyse de la base UITP sur les systèmes de transports urbains de 100 villes du monde*, Rapport des travaux effectués dans le cadre de l'atelier technique du Commissariat Général du Plan sur les transports urbains, présidé par Alain Bonnafous, 79 p.
- Jones P., F. Koppelman et J.P. Orfeuil, (1990), « Activity analysis: state-of-the-art and future directions », dans P. Jones, *Developments in Dynamic and Activity-Based Approaches to Travel Analysis*, Aldershot, Gower Publishing Co., p. 34-55.
- Jovanis P. et H.L. Chang, (1989), « Disaggregate model of highway accident occurrence using survival theory », *Accident Analysis and Prevention*, 21(5), p. 445-458.
- Juster F., (1990), « Rethinking utility theory », *The Journal of Behavioural Economics*, 19(2), p. 155-179.
- Kalbfleisch J.D. et R.L. Prentice, (1980), *The statistical analysis of failure time data*, New York, John Wiley & Sons, 439 p., cité dans D.W. Hosmer et S. Lemeshow, (1999), *Applied survival analysis*, New York, John Wiley & Sons, 386 p.
- Kanton Zürich, (2003), « Verkehrsentwicklung », In : *Raumbeobachtung Kanton Zürich*, déc. 2003, cahier 23.
- Kanton Zürich, (1998), « Siedlungsentwicklung », In : *Raumbeobachtung Kanton Zürich*, déc. 1998, cahier 20.
- Kaplan E. et P. Meier, (1958), « Non-parametric estimation from incomplete observations », *Journal of the American Statistical Association*, 53(282), p. 457-481.
- Kaufmann V. et K. Littlejohn, (2006), La croissance des budgets-temps de transport en question, Rapport intermédiaire du LASUR, 74p.

Kaufmann V., (1996), « *Pluralité des appartenances et réappropriation d'un projet de nouvelle gestion du système routier urbain : l'exemple genevois de Circulation 2000* », in Kaufmann Vincent et al., (2001), COST 332 : La coordination entre projets de transport et planification territoriale, Berne, Bâle, Genève et Lausanne, Rapport de recherche n° 151, juin 2001.

Kitamura R., (1991), « The effects of added transportation capacity on travel: a review of theoretical and empirical results », *The Effects of Added Transportation Capacity: Conference Proceedings*, Bethesda, Maryland, 16-17 décembre, Travel Model Improvement Program, US Department of Transportation, p. 11-15.

Kitamura R., C. Chen, et R. Pendyala, (1997a), « Generation of synthetic daily activity-travel patterns », *Transportation Research Board*, 1607, p. 154-162.

Kitamura R., J. Robinson, T.F. Golob, M. Bradley, J. Leonard et T. van der Hoorn, (1992), *A comparative analysis of time use data in the Netherlands and California*. Rapport de recherche, UCD-ITS-RR-92-9, Institute of Transportation Studies, University of California, juin, p. 127-138.

Kitamura R., T. Yamamoto, S. Fujii, et S. Sampath, (1996), « A discrete-continuous analysis of time allocation to two types of discretionary activities which accounts for unobserved heterogeneity », dans J.B. Lesort, *Transportation and Traffic Theory*, Oxford, Elsevier Science, p. 431-453.

Kitamura R., Y. Susilo, K. Fukui, J. Murakami et K. Kishino, (2003), « The invariants of travel behavior: the case of Kyoto-Osaka-Kobe Metropolitan Area of Japan, 1970-2000 », *10th Conference of the International Association for Travel Behaviour Research*, Lucerne, 10-14 août, 25 p.

Kraan M., (1996), *Time to travel? A model for the allocation of time and money*, Unpublished Ph.D. Thesis, University of Twente.

Kuppam A.R et R.M. Pendyala (2001), « A Structural Equations Analysis of Commuters' Activity and Travel Patterns », *Transportation*, 28(1), p. 33-54.

Kurani K. et M. Lee-Gosselin, (1997), « Synthesis of past activity applications », *Proceedings of the 1995 Activity Based Travel Forecasting Conference, Travel Model Improvement Program*, Texas, College Station, p. 51-78.

Lawless J.F., (2003), *Statistical models and methods for lifetime data*, New York, John Wiley & Sons, 630 p.

Levinson D.M., (1999), « Space, money, life-stage, and the allocation of time », *Transportation*, 26(2), p. 141-171.

Levinson D. et A. Kumar, (1995), « Activity, travel and the allocation of time », *Journal of the American Planning Association*, 61(4), p. 458-470.

Lu X. et E. Pas, (1999), « Socio-demographics, activity participation and travel behavior », *Transportation Research Part A*, 33(1), p. 1-18.

Ma J. et K. G. Goulias, (1998), « Forecasting home departure time, daily time budget, activity duration and travel time using panel data », *The 77th Annual Meeting of Transportation Research Board*, Washington, 11-15 janvier, 29 p.

McNally M.G., (2000), « The activity-based approach », dans D.A. Hensher et K.J. Button, *Handbook of transport modelling*, Oxford, Elsevier Science, p. 53-68.

Mannering F., (1993), « Male/Female characteristics and accident risk: some new evidence », *Accident Analysis and Prevision*, 25(1), p. 77-84.

- Mannering F. et C. Winston, (1991), « Brand loyalty and the decline of American automobile firms », *Brookings Papers on Economic Activity, Microeconomics*, 1991, p. 67-114.
- Mannering F. et M. Hamed, (1990), « Occurrence, frequency and duration of commuters' work-to-home departure delay », *Transportation Research Part B*, 24(2), p. 99-109.
- Mannering F., E. Murakami et S.G. Kim, (1994), « Temporal stability of traveler's activity choice and home-stay duration: some empirical evidence », *Transportation*, 21(4), p. 371-392.
- Meier B. (éd.). *Bern. Eine Stadt bricht auf. Schauplätze und Geschichten der Berner Stadtentwicklung zwischen 1798 und 1998*, p. 41-68.
- Messelis M., (1994), 1945-1993 : du réseau de voirie au plan de déplacements urbains, in : Cuillier F. (éd.) Strasbourg. *Chroniques d'urbanisme*, ADEUS/Editions de l'Aube, La Tour d'Aigues, p. 97-107.
- Meyer B.D., (1990), « Unemployment insurance and unemployment spells », *Econometrica*, 58(4), p. 775-782.
- Mohammadian A.B. et S.T. Doherty, (2004), « A hazard model for the duration of time between planning and execution of an activity », *Conference on Progress in Activity-Based Analysis*, Maastricht, 28-31 mai, 30 p.
- Montes Christian, (2003), *Les transports dans l'aménagement urbain à Lyon*.
- Morita J.G., T.W. Lee et R.T. Mowday, (1993), « The regression-analog to survival analysis : a selected application to turnover research », *The Academy of Management Journal*, 36(6), p. 1430-1464.
- Nam D. et F. Mannering, (2000), « An exploratory hazard-based analysis of highway incident duration », *Transportation Research Part A*, 34(2), p. 85-102.
- Niemeier D.A. et J.G. Morita, (1996), « Duration of trip-making activities by men and women », *Transportation*, 23(4), p. 353-371.
- Novarina G., (2001) « De la gestion des grandes voiries à la planification des déplacements urbains. », *Flux*, n°46, p. 47-60.
- Oakes D., (1977), « The asymptotic information in censored survival data », *Biometrika*, 64(3), p. 441-448.
- Office de Transports et de Circulation du Canton de Genève, (1996), *Une signalisation lumineuse à votre service*, p. 14-15.
- Office des Affaires Communales et de l'Organisation du Territoire (OACOT), (1994), *La desserte par les transports publics : un critère applicable lors de l'examen de l'opportunité des plans d'aménagements : guide pour l'aménagement local*.
- Pas E., (1985), « State of the art and research opportunities in travel demand: another perspective », *Transportation Research Part A*, 19(5/6), p. 460-464.
- Pas E., (1996), « Recent advances in activity-based travel demand modeling », dans Texas Transportation Institute, *Activity-Based Travel Forecasting Conference*, 2-5 juin, *Recommendations, and Compendium of Papers*. Washington, Travel Model Improvement Program, U.S. Department of Transportation and U.S. Environmental Protection Agency, p. 79-102.
- Pas E. et A.S. Harvey, (1997), « Time-use research and travel demand analysis and modelling », dans P.R. Stopher et M. Lee-Gosselin, *Understanding Travel Behavior in an Era of Change*, New York, Pergamon Press, p. 315-338.
- Paselk T. et F. Mannering, (1994), « Use of duration models for predicting vehicular delay at US/Canadian border crossings », *Transportation*, 21(3), p. 249-270.

- Philipponneau Michel, (1994), *Le VAL à Rennes ?*, Spezet : Nature et Bretagne.
- Popkowski Leszczyc P. T. L. et H. Timmermans, (2002), « Unconditional and conditional competing risk models of activity duration and activity sequencing decisions: an empirical comparison », *Journal of Geographical Systems*, 4, p.157-170.
- Ponnaluri R.V., (1995), *Analysis of vehicular stop times: Implications for cold starts*, Unpublished MS Thesis, Department of Civil & Environmental Engineering, Durham, Duke University, NC., 96 p.
- Pradeilles J-C., (1997) « Géopolitique des transports urbains grenoblois. Mise en scène d'un quart de siècle (1973-1998). », *Revue de Géographie Alpine*, n°4, p. 97-112.
- Recker W.W., M.G. McNally et G.S. Root, (1986a), « A model of complex travel behavior : part 1 – Theoretical development », *Transportation Research Part A*, 20(4), p. 307-318.
- Recker W.W., M.G. McNally et G.S. Root, (1986b), « A model of complex travel behavior : part 2 – An operational model », *Transportation Research Part A*, 20(4), p. 319-330.
- Redle Michael, (2002), « Gesamtverkehrskonzeption, Umweltschutz als integraler Bestandteil der Verkehrsplanung », in : *Umweltpraxis*, Nr. 31 / September 2002, p. 25-28.
- République et Canton de Genève, (1988), *Loi sur le réseau des transports publics*.
- République et Canton de Genève, (1989), *Plan directeur du réseau des transports publics 1990-1994*.
- République et Canton de Genève, (1992), *Conception globale de la circulation à Genève, Circulation 2000*.
- République et Canton de Genève, (1997), *Mobilité 2005, Genève sur la bonne voie*.
- Rennes-Métropole : *Plan de Déplacements urbains*, Février 2001.
- Resse Sophie, (2003), *Intercommunalité et déplacements urbains : l'exemple de Rennes Métropole*, Mémoire en Sciences politiques, IEP, Rennes.
- Rüegg Erwin, (1996), « *Urbanität und Stadtentwicklung, Politische Entscheidungsprozesse in Bologna, Frankfurt/Main und Zürich* ».
- Schönfelder S. et K.W. Axhausen, (2001), « Analysing the rythms of travel using survival analysis », *Working paper, 80th Annual Meeting of Transportation Research Board*, Washington, 7-11 janvier, 22 p.
- Schwanen T., (2004), « The determinants of shopping duration on workdays in The Netherlands », *Journal of Transport Geography*, 12, p. 35-48.
- Schwanen T., D. Ettema et H Timmermans, (2004), « Spatial patterns of intra-household interactions in maintenance activity participation », *EIRASS Conference on « Progress in Activity-Based Analysis »*, Maastricht, 28-31 mai, p. 33.
- Simma A. et K.W. Axhausen, (2001), « Within-household allocation of travel: case of upper austria », *Transportation Research Record*, 1752, p. 69-75.
- Srinivasan S. et C.R. Bhat, (2005), « Modeling household interactions in daily in-home and out-of-home maintenance activity participation », *Transportation*, 32(5), p. 523-544.
- Stadt Bern, (2001), *Umwelt und Verkehr, Das neue Verkehrsrechnersystem in der Stadt Bern*.
- Steiner R., (1998), « Boulevard, Expressstrasse, Wohnstrasse – Verkehrskonzeptionen der Stadt im Wandel der Zeit und ihr städtebaulicher Hintergrund (1848-1996) », in : Lüthi C. et Stadt Zürich, (2003), *Bericht zum Verkehrsplan der Stadt Zürich, Neufestsetzung*, Oktober 2003.
- Stadt Zürich, (1994), *Verkehrspolitik der Stadt Zürich*, März 1994.
- Stadt Zürich, (1990), *Stadtplanungsamt orientiert, Original – Geschäftsberichts 90*, 1990.

- Stadt Zürich, (1987), *Zur Verkehrspolitik der Stadt Zürich*, August 1987.
- SYTRAL, (2004), *Révision du PDU de l'agglomération lyonnaise, Projet arrêté le 11 mars 2004*.
- Tiefbauamt der Stadt Zürich, (2004), *Parkieren in Zürich Parkraumangebot auf öffentlichem Grund 2004*, 3/2004.
- Timmermans H., P. Waerden, M. Alves, J. Polak, S. Ellis, A.S. Harvey, S. Kurose et R. Zandee, (2002), « Time allocation in urban and transport settings: an international, inter-urban perspective », *Transport Policy*, 9(2), p. 79-93.
- TRANSLAND : *Integration of Transport and Land Use Planning, Deliverable 4, Final report for publication, Transport*.
- Tschopp, Sieber et al., (2002), *Demographie und Raum in der Schweiz : Ein historischer Abriss*.
- Ville de Genève, (1988), *Règlement transitoire relatif au plan d'utilisation du sol de la Ville de Genève, LC 21 211 du 21 juin 1988*.
- Ville de Lyon, (2004), Politique de stationnement sur voirie : actualisation tarifaire et extension du payant, Document de travail (PowerPoint) du 3 Mai 2004.
- Wang J.J., (1996), « Timing utility of daily activities and its impact on travel », *Transportation Research Part A*, 30(3), p. 189-206.
- Wonnacott R.J. et T.H. Wonnacott, (1990), *Introductory Statistics for Business and Economics*, New York, John Wiley & Sons, 832 p.
- Wrigley N., (1986), « Quantitative methods: the era of longitudinal data analysis », *Progress in Human Geography*, 10, p. 84-102.
- Yamamoto T., R. Kitamura et S. Kimura, (1999), « A competing risks duration model of household vehicle transactions with indicators of changes in explanatory variables », *Transportation Research Record*, 1676, p. 116-123.
- Yee J.L. et D.A. Niemeier, (2000), « Analysis of activity duration using Puget sound transportation panel », *Transportation Research Part A*, 34(8), p. 607-624.
- Zellner A., (1962), « An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests of aggregation bias », *Journal of American Statistical Association*, 57(298), p. 348-368.

<http://www.alp-rail.net>
<http://www.amtuir.org>
http://www.amtuir.org/site_v1/a_htroll.htm
<http://www.berninfo.com>
<http://www.bernmobil.ch>
<http://www.cts-strasbourg.fr> <http://www.ot-strasbourg.fr>
<http://www.energie-cities.org>
<http://www.mairie-lyon.fr>
<http://www.rail-info.ch>
<http://www.s-bahn-bern.ch>
<http://www.semitag.com/>
<http://www.smtc-grenoble.org/PDU>
<http://www.snostras.com>
<http://www.strasbourg.fr>

<http://www.tcl.fr>

<http://www.tpg.ch/>

<http://www.unireso.com>

<http://www.vbz.ch>

<http://www.ville-rennes.fr>

<http://www.ville-ge.ch>

<http://w3public.ville-ge.ch>

ANNEXES

Tableau A-1 : Echantillon par ville

Ville	Déplacements			Individus		
	Avant	Après correction	Part des suppressions (%)	Avant	Après correction	Part des suppressions (%)
Grenoble 2001	26004	24978	-3,95	5916	5288	-10,62
Grenoble 1992	15672	13924	-11,15	3992	3257	-18,41
Lyon 1985	32819	29235	-10,92	8959	7240	-19,19
Lyon 1995*	50057	47152	-5,80	12902	11063	-14,25
Rennes 2000	33059	31743	-3,98	8392	7476	-10,92
Rennes 1991	27054	24757	-8,49	7151	6127	-14,32
Strasbourg 1988	18776	17103	-8,91	4442	3668	-17,42
Strasbourg 1997	25426	23126	-9,05	5531	4661	-15,73
Berne 1994	5718	5048	-11,72	1575	1335	-15,24
Berne 2000	6319	5457	-13,64	1628	1348	-17,20
Genève 1994	1516	1397	-7,85	388	353	-9,02
Genève 2000	9196	8100	-11,92	2236	1919	-14,18
Zurich 1994	6530	5903	-9,60	1793	1574	-12,21
Zurich 2000	8893	7954	-10,56	2317	2010	-13,25
Total	267039	245877	-7,92	67222	57319	-14,73

* La base de données de Lyon 1995 a fait l'objet d'un travail approfondi de vérification des déplacements et de leurs horaires par Joly (2005). Ce qui explique son faible taux de corrections relativement aux autres villes.

Tableau A-2 : Indicateurs de la distribution des BTT pour chaque agglomération

	BTT					Nombre de déplacements				
Ville	Mean	CV	Q1	Median	Q3	Mean	CV	Q1	Median	Q3
Grenoble 1992	67.20	78.32	35.00	55.00	85.00	4.26	52.80	2.00	4.00	5.00
Grenoble 2001	78.92	81.43	40.00	65.00	100.00	4.72	53.87	3.00	4.00	6.00
Lyon 1985	67.79	73.41	35.00	60.00	90.00	4.04	50.33	2.00	4.00	5.00
Lyon 1995	78.44	76.44	40.00	65.00	100.00	4.26	52.59	2.00	4.00	5.00
Rennes 1991	57.44	72.27	30.00	50.00	75.00	4.04	51.92	2.00	4.00	5.00
Rennes 2000	70.91	97.00	35.00	55.00	85.00	4.25	53.05	2.00	4.00	5.00
Strasbourg 1988	69.94	77.80	35.00	60.00	90.00	4.67	55.04	2.00	4.00	6.00
Strasbourg 1997	78.90	79.27	40.00	65.00	100.00	4.96	53.25	3.00	4.00	6.00
Berne 1994	74.13	90.27	31.00	60.00	94.00	3.78	45.83	2.00	4.00	5.00
Berne 2000	85.41	88.21	39.00	69.00	110.00	4.05	48.05	2.00	4.00	5.00
Genève 1994	83.41	102.07	39.00	60.00	100.00	3.96	45.00	2.00	4.00	5.00
Genève 2000	84.06	90.82	38.00	65.00	108.00	4.22	48.98	2.00	4.00	5.00
Zurich 1994	82.11	99.72	34.00	65.00	102.00	3.75	45.84	2.00	4.00	5.00
Zurich 2000	87.35	84.80	40.00	70.00	114.00	3.96	50.15	2.00	4.00	5.00

Tableau A-3 : Nombre de déplacements selon la localisation résidentielle

Nombre de déplacements		Centre	Suburbain	Périurbain
Grenoble	Moy.	4.24	4.31	4.42
1992	Méd.	4.00	4.00	4.00
Grenoble	Moy.	4.64	4.82	4.70
2001	Méd.	4.00	4.00	4.00
Lyon	Moy.	4.04	3.96	3.98
1985	Méd.	4.00	4.00	4.00
Lyon	Moy.	4.37	4.27	4.26
1995	Méd.	4.00	4.00	4.00
Rennes	Moy.	4.16	.	3.93
1991	Méd.	4.00	.	4.00
Rennes	Moy.	4.26	3.78	4.28
2000	Méd.	4.00	3.00	4.00
Strasbourg	Moy.	4.69	4.51	4.73
1988	Méd.	4.00	4.00	4.00
Strasbourg	Moy.	4.95	4.87	5.04
1997	Méd.	4.00	4.00	4.00

Nombre de déplacements		Centre	Suburbain	Périurbain
Berne	Moy.	3.78	3.75	3.86
1994	Méd.	4.00	4.00	4.00
Berne	Moy.	4.14	3.91	4.18
2000	Méd.	4.00	4.00	4.00
Genève	Moy.	3.96	3.94	4.00
1994	Méd.	4.00	4.00	4.00
Genève	Moy.	4.30	4.01	4.44
2000	Méd.	4.00	4.00	4.00
Zurich	Moy.	3.68	3.76	3.86
1994	Méd.	4.00	4.00	4.00
Zurich	Moy.	4.00	3.93	3.93
2000	Méd.	4.00	4.00	4.00

En gras : la zone où le nombre de déplacements est le plus élevé.

Tableau A-4 : Part de marché des modes sur l'ensemble des déplacements

	Marche	Vélo	2 Roues	Bus urbain	TCSP	Régional	VP conducteur	VP passager	Autre
Grenoble 2001	24.80	2.53	0.45	5.70	5.26	0.20	46.39	12.98	1.68
Grenoble 1992	27.05	3.68	0.62	6.14	4.85	0.28	43.29	12.88	1.22
Lyon 1985	38.54	1.26	0.93	9.08	1.60	0.20	36.15	10.62	1.62
Lyon 1995	29.40	0.68	0.55	7.84	3.42	0.47	44.08	12.28	1.29
Rennes 2000	22.47	3.51	1.24	8.61	.	0.34	49.22	13.39	1.24
Rennes 1991	26.01	3.63	1.14	9.87	.	0.59	43.71	13.53	1.53
Strasbourg 1988	25.36	9.58	2.81	8.33	.	0.74	43.94	7.40	1.84
Strasbourg 1997	30.74	5.93	0.80	4.37	0.98	0.33	42.45	13.11	1.30
Berne 1994	32.56	8.40	1.56	11.27	7.47	7.34	24.85	5.99	0.56
Berne 2000	33.86	9.20	2.33	9.79	5.51	6.31	27.43	4.72	0.85
Genève 1994	33.10	2.78	6.51	12.54	2.78	0.32	35.71	6.03	0.24
Genève 2000	33.38	4.79	4.79	10.94	3.51	0.46	36.47	4.79	0.87
Zurich 1994	31.04	5.43	1.03	3.95	11.49	6.12	33.73	6.40	0.80
Zurich 2000	31.21	6.62	1.67	4.40	8.38	5.46	36.86	4.80	0.60

Tableau A-5 : Tableau des effets sur le budget-temps de transport

Variables	Relations	Etudes
<i>Variations en termes temporels</i>		
Tendance de long terme (annuelle)	+	Tanner (1961)b ; Godard (1978)b ; Gunn (1981)b ; Purvis (1994)bce ; Levinson et Kumar (1995)b ; Mackett (1995)b ; Quetelard (1998)b ; Armoogum et al. (2003)b ; Kitamura et al. (2003)b ; Van den Broek et al. (2004)a ; Levinson et Wu (2005)b
	0	Kumar et Levinson (1995)b ; Schafer (2000)b ; Metz (2003)ai
Mois de l'année	S	Kumar et Levinson (1995)b
Semaine	C	Goodwin (1978)b ; Schönfelder et Axhausen (2000)a
Jour de la semaine	S	Van der Hoorn (1979)a ; Zahavi et Talvitie (1980)c ; Prendergast et Williams (1981)bc ; Kumar et Levinson (1995)b ; Quetelard (1998)b
Horaire de la journée	-	Ma et Goulias (1998)h
Horaire de départ du travail en heure de pointe	+	Hamed et Mannering (1993)d
Départ tardif du domicile	-	Ma et Goulias (1998)h
<i>Caractéristiques des zones</i>		
Effet régional	C	Kitamura et al. (1992)a ; Levinson (1999)b ; Schwanen (2002)d ; Timmermans et al. (2002)g ; Eurostat (2003)b ; Giuliano et al. (2003)b
Type de zone	S	Tanner (1961)b ; Van der Hoorn (1979)a ; Downes et Morrell (1981)b ; Landrock (1981)bc ; Supernak (1982)b ; Kitamura et al. (1992)a ; Cervero (1995)h ; Rutherford et al. (1997)b ; Barnes et Davies (2001)b ; Kitamura et al. (2003)b
Densité de population	0	Goodwin (1976, 1978)b ; Tanner (1981)b ; Gordon et al. (1991)dh ; Metz (2003)i
	+	Tanner (1961)b ; Van der Hoorn (1979)a ; Gunn (1981)b ; Landrock (1981)bc ; Levinson (1999)b
Population x densité de population	0	Landrock (1981)bc

Tableau A-5 : Tableau des effets sur le budget-temps de transport (suite)

Variables	Relations	Etudes
Taille des villes (Population ou surface)	+	Godard (1978)b ; Morris et Wigan (1979) ; Izraeli et McCarthy (1985)b ; Gordon et al. (1991)dh ; Katiyar et Ohta (1993)b ; Quetelard (1998)b ; Schwanen (2002)d
Ancienneté dans le quartier	-	Hamed et Mannering (1993)d
Distance au centre	0	Chumak et Braaksma (1981)c
<i>Caractéristiques socio-économiques</i>		
Age (classes d'âge)	C	Williams (1978)be ; Gunn (1981)b ; Prendergast et Williams (1981)bc ; Kitamura et al. (1992)a et (2003)b ; Rutherford et al. (1996)b ; Quetelard (1998)b ; Metz (2003)i
	0	Roth et Zahavi (1981)b
Motorisation	+	Godard (1978)b ; Van der Hoorn (1979)a ; Chumak et Braaksma (1981)c ; Prendergast et Williams (1981)bc ; Purvis (1994)e ; Quetelard (1998)b ; Lu et Pas (1999)b ; Kitamura et al. (2003)b ; Metz (2003)i
	-	Zahavi et Talvitie (1980)c ; Roth et Zahavi (1981)c
	0	Bullock et al. (1974)b ; Downes et Morrell (1981)b ; Purvis (1994)b
	?	Goodwin (1976)b ; Zahavi et Talvitie (1980)c
Statut professionnel	S	Bullock et al. (1974)b ; Williams (1978)be ; Van der Hoorn (1979)a ; Zahavi et Talvitie (1980)c ; Chumak et Braaksma (1981)c ; Prendergast et Williams (1981)bc ; Roth et Zahavi (1981)c ; Wigan et Morris (1981)b ; Supernak (1982)b ; Kraan (1996)a ; Robinson (1997)a ; Ma et Goulias (1998)h ; Quetelard (1998)b ; Lu et Pas (1999)b
Genre	S	Williams (1978)be ; Zahavi et Talvitie (1980)c ; Gunn (1981)b ; Prendergast et Williams (1981)bc ; Roth et Zahavi (1981)c ; Wigan et Morris (1981)b ; Kitamura et al. (1992)a et (2003)b ; Levinson et Kumar (1995)b ; Robinson (1997)a ; Quetelard (1998)b ; Lu et Pas (1999)b
Genre x Age	S	Prendergast et Williams (1981)bc
Genre x Type de zone	S	Gunn (1981)b
Genre x Statut professionnel	S	Prendergast et Williams (1981)bc ; Robinson (1997)a ; Timmermans et al. (2002)g

Tableau A-5 : Tableau des effets sur le budget-temps de transport (suite)

Variables	Relations	Etudes
Genre x Statut marital	S	Prendergast et Williams (1981)bc
Genre x Présence d'enfants	-	Kitamura et al. (2003)b
Permis de conduire	+	Quetelard (1998)b
Position dans le ménage	S	Quetelard (1998)b
Niveau d'éducation	+	Quetelard (1998)b
Taille du ménage	?	Zahavi et Talvitie (1980)c
	-	Purvis (1994)b
	+	Purvis (1994)e ; Quetelard (1998)b
	0	Roth et Zahavi (1981)c
Taille du ménage x motorisation	?	Zahavi et Talvitie (1980)c
Revenu	+	Zahavi et Talvitie (1980)c ; Prendergast et Williams (1981)bc ; Roth et Zahavi (1981)c ; Tanner (1981)b ; Lu et Pas (1999)b ; Metz (2003)i
	-	Roth et Zahavi (1981)c
	S	Gunn (1981)b
	0	Zahavi et Talvitie (1980)c ; Roth et Zahavi (1981)c
Nombre d'actifs	+	Lu et Pas (1999)b
Nombre d'enfants	+	Lu et Pas (1999)b
Type d'emploi	S	Gunn (1981)b
Type d'emploi x age	S	Gunn (1981)b
Type d'individu	S	Van der Hoorn (1979)a ; Roth et Zahavi (1981)c ; Levinson et Kumar (1995)b ; Kraan (1996)a ; Golob et McNally (1997)f ; Principio et Pas (1997)

Tableau A-5 : Tableau des effets sur le budget-temps de transport (suite)

Variables	Relations	Etudes
<i>Caractéristiques des programmes activités</i>		
Durée d'activité à destination	+	Hamed et Mannering (1993)d ; Golob et McNally (1997)f ; Kitamura et al. (1998) ; Goulias et al. (1998)b ; Levinson (1999)g ; Lu et Pas (1999)
	-	Bhat et Misra (1999)d ; Levinson (1999)b ; Chen et Mokhtarian (2005)b
Type d'activité	S	Hamed et Mannering (1993)d ; Timmermans et al. (2002)g
Fréquence d'activités	S	Levinson (1999)g ;
Durée du déplacement précédent à destination de différents motifs	C	Ma et Goulias (1998)h
Nombre d'activités précédentes dans la même journée	-	Ma et Goulias (1998)h
Durée des autres activités et du transport dans la même journée	-	Ma et Goulias (1998)h
Temps total disponible (24h)	-	Kitamura et al. (1992)a
Temps total des activités hors-domicile	+	Lu et Pas (1997)a
Mode de transport	S	Goodwin (1976)b ; Chumak et Braaksma (1981)c ; Prendergast et Williams (1981)bc ; Roth et Zahavi (1981)c ; Tanner (1981)b ; Golob (1990a)b

Source : d'après Mokhtarian et Chen, (2004)

+ : relation positive entre la variable et le temps de transport

- : relation négative entre la variable et le temps de transport

0 : relation non-significative entre la variable et le temps de transport

? : direction de la relation non claire

C : relation significative obtenue avec une variable ordinale, mais dont l'effet ne se résume pas à + ou – (par exemple, la classe d'âges de 20 à 30 ans correspond à des temps de transport supérieurs aux autres classes d'âges.)

S : relation significative obtenue avec une variable nominale catégorielle dont l'effet ne se résume pas à + ou –

a : temps de transport par personne par semaine

b : temps de transport par personne par jour

c : temps de transport par personne mobile par jour

d : temps de transport domicile-travail par personne par jour

e : temps de transport par ménage par jour

f : temps de transport total vers les activités hors-domicile en 2 jours

g : durée de déplacement par motif par personne

h : temps de transport par déplacement par personne

i : temps de transport annuel par personne

Tableau A-6 - Récapitulatif des modèles de durées appliqués à l'analyse des programmes d'activités
Synthèse des modèles de durées appliqués à l'analyse des programmes d'activités (source : Joly, 2005)

Etude	Durée modélisée	Méthode	Résultats
<i>Durée à domicile entre deux activités</i>			
Hamed et Mannering (1993)	Durée à domicile après le travail	Weibull	La probabilité de poursuivre une activité hors domicile est affectée par les caractéristiques socio-économiques et l'horaire d'arrivée au domicile
Mannering F., E. Murakami et S.G. Kim (1994)	Durée à domicile entre deux activités hors-domicile	Modèles de Cox test de stabilité des coefficients sur deux années	Instabilité du modèle ; Effet des variables relatives aux habitudes et aux horaires de retour à domicile
<i>Durée des activités</i>			
Niemeier et Morita (1996)	Durées d'activités d'achats, de loisirs et d'affaires personnelles en distinguant hommes et femmes	Modèle non-paramétrique et semi-paramétrique de Cox	Différence d'allocation significative pour l'achat ; Les femmes ont des durées d'achat plus longues ; L'inscription des achats sur un trajet pour le travail allonge la durée d'achat.
Bhat (1996a)	Durée d'achat sur le trajet travail-domicile	Modèle non-paramétrique à hasards proportionnels tenant compte d'une hétérogénéité inobservée non-paramétrique	Les biais des estimations paramétriques de la dépendance temporelle et de l'hétérogénéité inobservée ; Effet du statut professionnel et du mode de transport.
Kitamura et al. (1997a)	durées des activités pour les actifs et les inactifs (illustration des résultats pour les loisirs récréatif, les loisirs sociaux, les durées d'activités sur le trajet travail-domicile)	Modèle paramétrique Weibull	Dépendance des durées des épisodes d'activité par rapport aux activités passées ; Influence des horaires de réalisation et des attributs socio-économiques

Synthèse des modèles de durées appliqués à l'analyse des programmes d'activités (suite)

Etude	Durée modélisée	Méthode	Résultats
<i>Durée des activités (suite)</i>			
Yee et Niemeier (2000)	Durées de visites, d'activité sociales, de loisir et d'affaire personnelles observées en quatre dates de 1989-1993	Modèle semi-paramétrique de Cox	Instabilité des coefficients ; Fort effet propre à l'année considérée.
Timmermans et al. (2002)	Durées de travail, d'études, d'achat, de loisirs récréatifs et de loisirs sociaux	Modèle semi-paramétrique de Cox	Tendances communes aux différentes régions ; Les types de ménages et les jours de réalisation des activités sont plus influentes que les contextes spatiaux ou les systèmes de transport ; Différences entre les régions plus faibles que les différences intra-zones
Schwanen (2004)	Durée d'achat selon sa position dans le programme d'activités	Modèle semi-paramétrique de Cox	Effet significatif de l'offre de commerces plus large et diversifiée des zones urbanisées
Srivinasan et Bhat (2005)	Stratégie du ménage pour la participation et la durée des activités de maintenance hors-domicile	Modèle de durées joint à un modèle logit mixte estimés simultanément	Spécialisation des tâches, effets des temps obligatoires, effets des variables socio-économiques.
<i>Durées avant réalisation – choix d'horaire</i>			
Wang (1996)	Durée avant l'engagement d'une des 15 activités d'un emploi du temps	Modèle paramétrique Weibull	Estimation des horaires préférés pour l'engagement des activités
Bhat et Steed (2002)	Durée avant l'engagement d'une activité d'achat quotidiens	Modèle non-paramétrique tenant compte de l'hétérogénéité inobservée gamma et autorisant les effets variables dans le temps	Effets des variables socio-économiques ; Absence d'effet des coûts et des temps de trajet ; Présence d'hétérogénéité

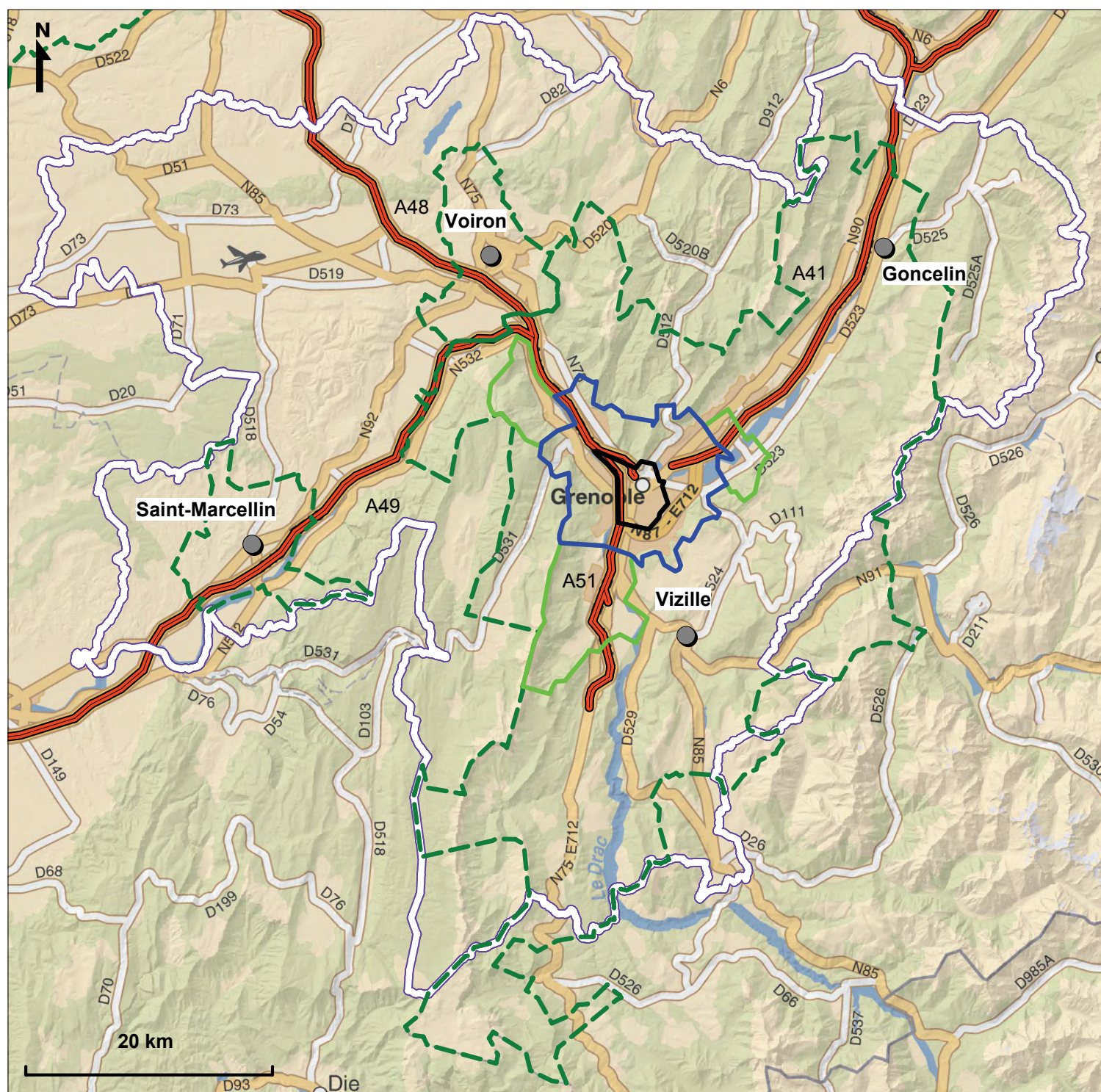
Synthèse des modèles de durées appliqués à l'analyse des programmes d'activités (suite)

Etude	Durée modélisée	Méthode	Résultats
<i>Durées d'activités et les probabilités de transition entre activités</i>			
Ettema, Borgers et Timmermans (1995)	Durée de l'activité en cours, choix de la prochaine activité et leur dépendance mutuelle	Modèle de durées à risques concurrents et durée de vie accélérée	Différences significatives en termes de critères d'organisation des différents types d'activités
Ma et Goulias (1998)	Choix d'horaire ; durées d'activités ; temps de transport par type d'activité	Modèle à risques concurrents ; modèles à durée de vie accélérée ; modèles à durée de vie accélérée itérés	Les temps de transport sont endogènes aux durées d'activités
Bhat (1996b)	Durées d'activités durant le trajet travail-domicile	Modèle généralisé non-paramétrique à hasards proportionnels multiples	Endogénéité entre le type et la durée de l'activité ; effet des variables socio-économiques et du travail
Popkowski Leszczys et Timmermans (2002)	Probabilité de transition et durée des activités	Modèle à risques (non)concurrents (in)conditionnels	Le modèle à risques concurrents conditionnels est le plus performant ; la durée et la nature de l'activité précédente affecte le choix du type d'activité et l'horaire de réalisation ; les variables socio-économiques affectent les probabilités de transition entre activités.
<i>Durée inter-épisode</i>			
Schönfelder et Axhausen (2001)	Durée inter-achats	Modèle paramétrique Weibull et modèle semi-paramétrique de Cox	Effet des variables socio-économiques ; différences entre les deux villes
Bhat, Sivakumar et Axhausen (2003)	Durées inter-épisodes d'achat non-relatifs à la maintenance du ménage	Modèle non-paramétrique à hasards proportionnels tenant compte de l'hétérogénéité inobservée	Impact des technologies de communication sur la durée interachats ; hétérogénéité de l'usage des technologies de communication







Synthèse des modèles de durées appliqués à l'analyse des programmes d'activités (suite)

Etude	Durée modélisée	Méthode	Résultats
<i>Durée inter-épisode (suite)</i>			
Bhat, Frusti, Schönfelder, Axhausen (2004a)	Durée inter-achats	Modèle non-paramétrique à hasards proportionnels tenant compte de l'hétérogénéité inobservée	Tendance hebdomadaire ; hasard non-monotone ; les statuts professionnels de l'individu et de son conjoint, le mode de transport utilisé, et le comportement d'enchaînement des déplacements sont influents
Bhat, Srinivasan et Axhausen (2005)	Durées inter-épisodes pour différents types d'activités (deux activités d'achats de maintenance ou non et trois activités non-achat : loisir, affaires personnelles et activité sociale)	Modèle généralisé non-paramétrique à hasards proportionnels multiples tenant compte de l'hétérogénéité inobservée	Probabilité de participation aux activités d'achat est croissante avec le temps ; participation aux activités non-achat sont fortement marquées par un rythme hebdomadaire ; les attributs de l'individu, du conjoint et du ménage, la localisation résidentielle, le jour de semaine ont une forte influence sur la durée inter-épisode ; le taux de motorisation et le lien entre la localisation et le système de transport n'ont pas d'effet sur les taux de participations aux activités
<i>Durée entre la planification et l'exécution</i>			
Mohammadian et Doherty (2004)	Durée entre la planification d'une activité et son exécution	Modèles de durées paramétriques avec hétérogénéité gamma et semi-paramétriques	Effets des attributs et des mesures de flexibilité des activités, des caractéristiques individuelles et des caractéristiques du programme d'activités total hebdomadaire

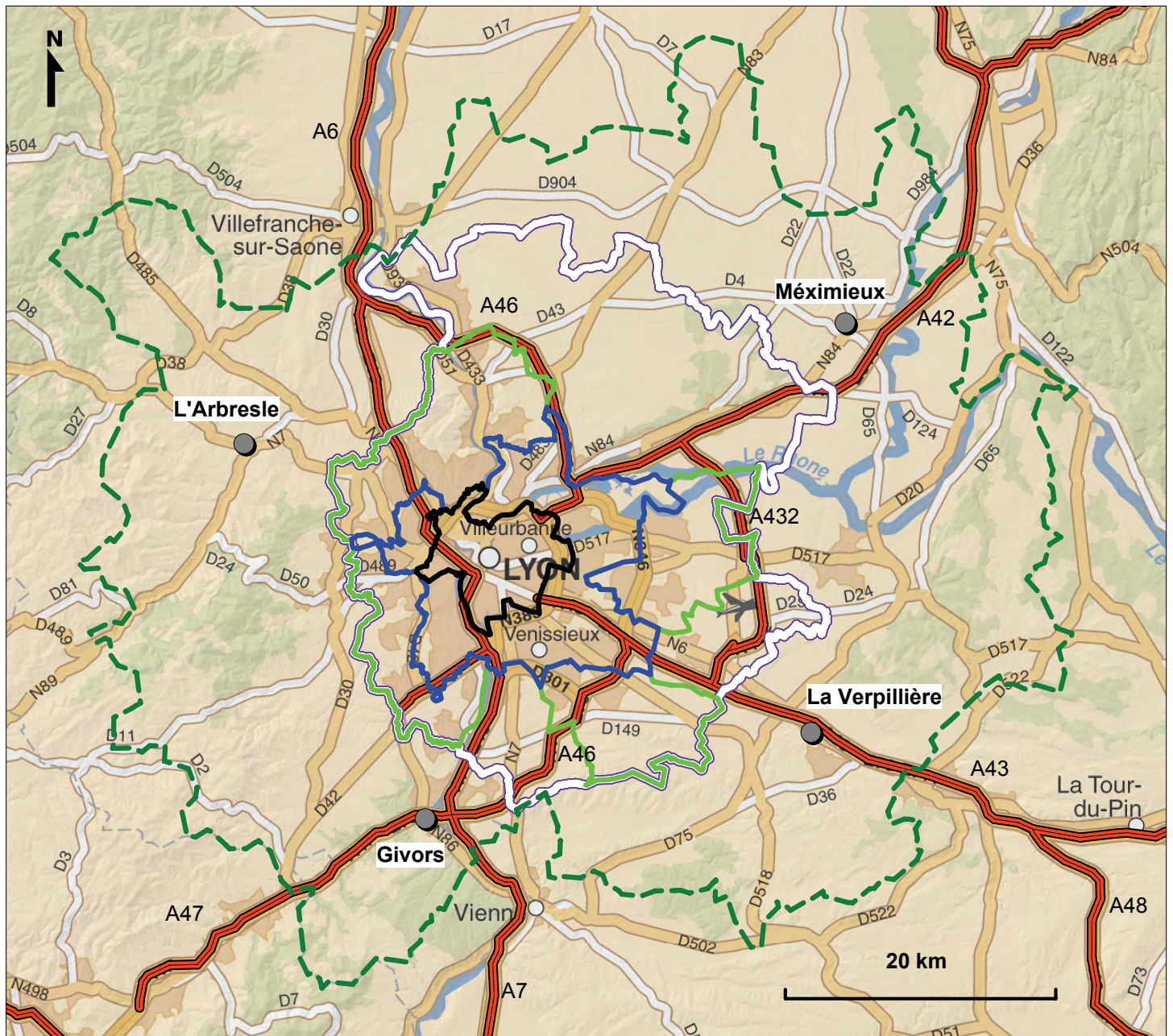
Carte A-1 : Aire urbaine de Grenoble et découpage enquête ménage 2001



© Valérie Thiébaud, Nicolas OVTRACHT - UMR LET 5593 CNRS

 Limite EM 2001	 Découpage EM 01 : Centre urbain
 Aire urbaine	 Suburbain
 Autoroute	 Périurbain

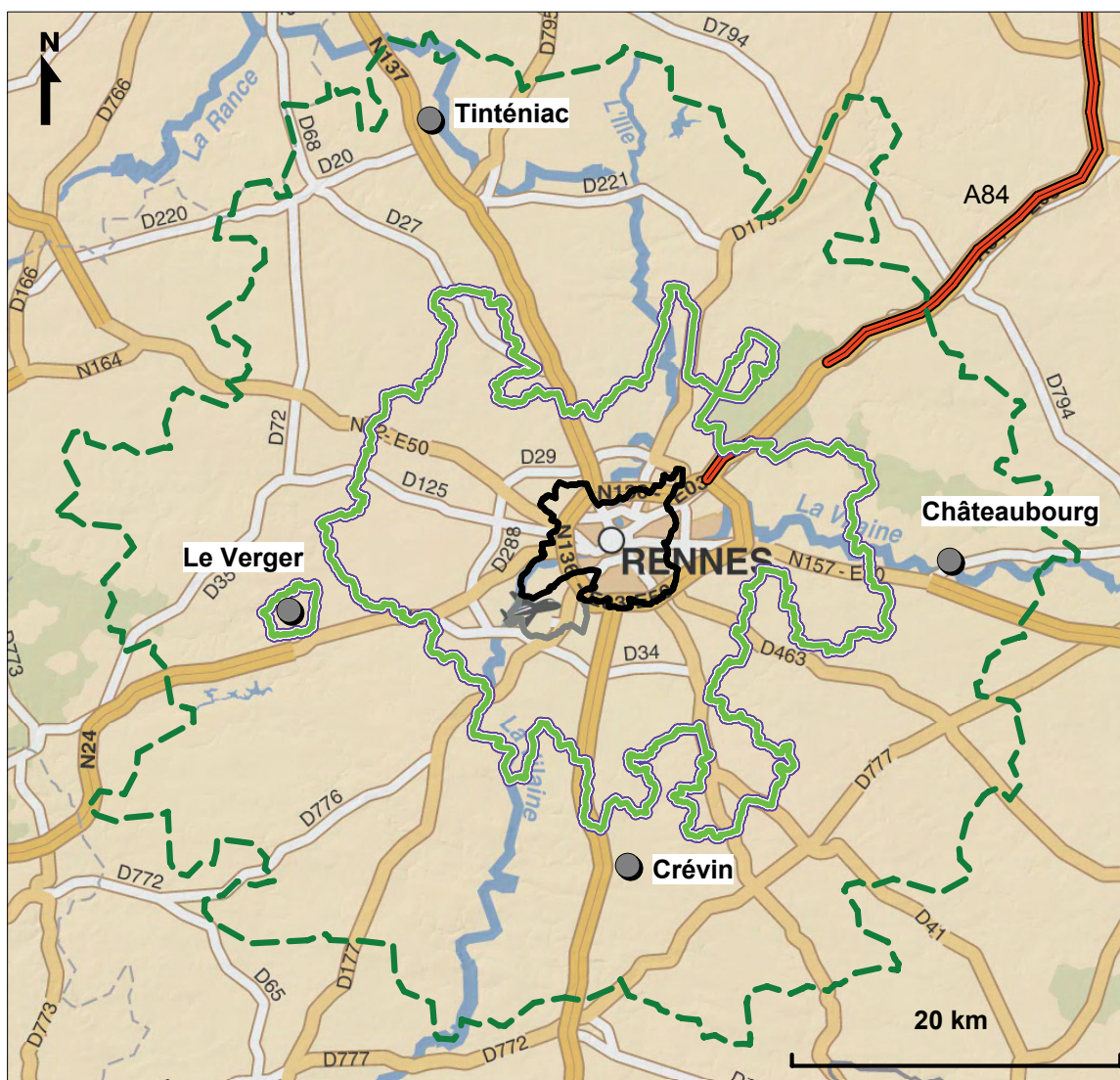
Carte A-2 : Aire urbaine de Lyon et découpage enquête ménage 1995



© Valérie Thiébaud, Nicolas OVTRACHT - UMR LET 5593 CNRS

 Limite EM 1995	Découpage EM 95 :
 Aire urbaine	 Centre urbain
 Autoroute	 Suburbain
	 Périurbain

Carte A-3 : Aire urbaine de Rennes et découpage enquête ménage 2000



© Valérie Thiébaut, Nicolas OVTRACHT - UMR LET 5593 CNRS

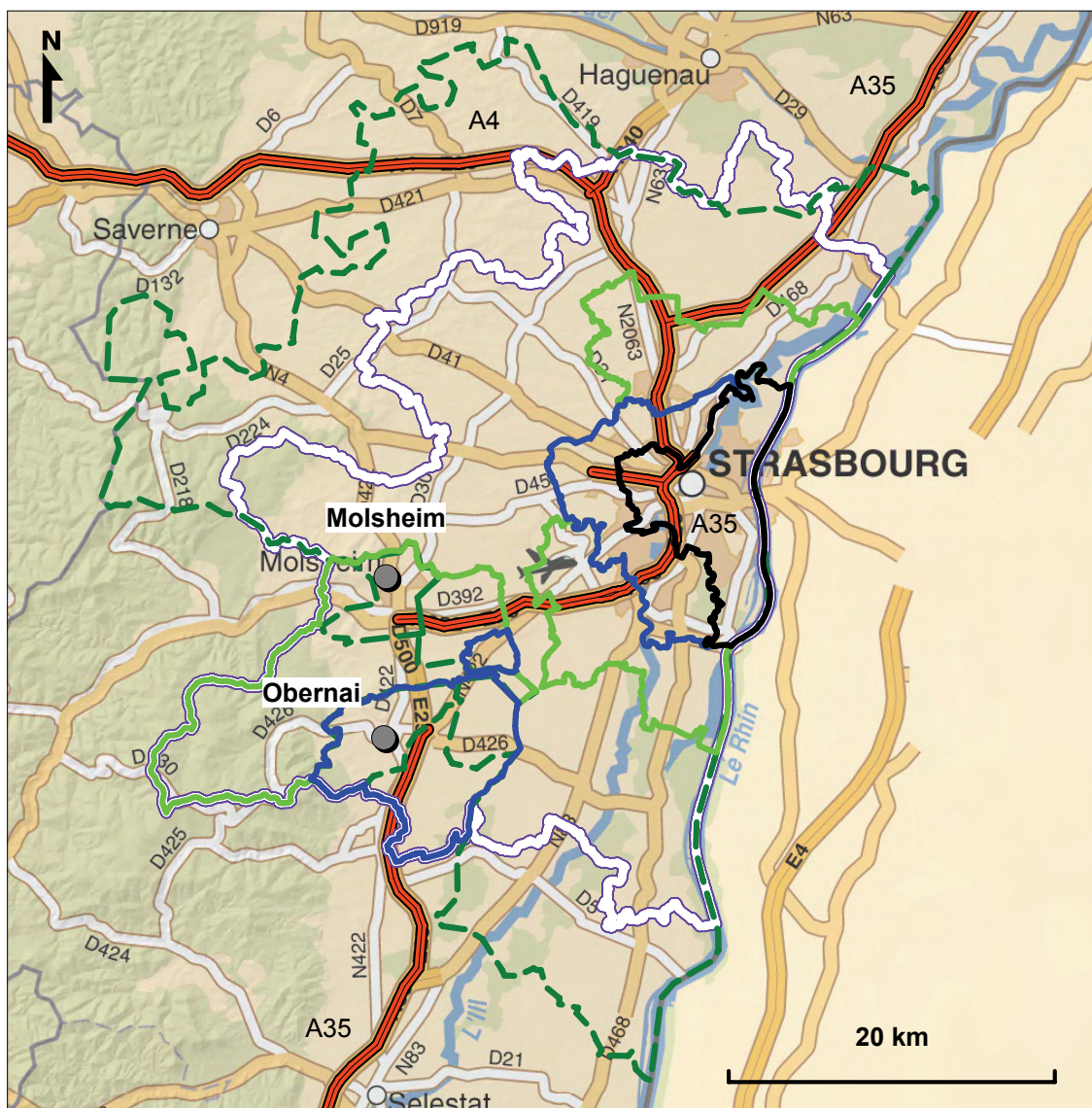
 Limite EM 2000
  Découpage EM 00 :

 Aire urbaine
  Centre urbain




 Autoroute
  Suburbain

 Périurbain

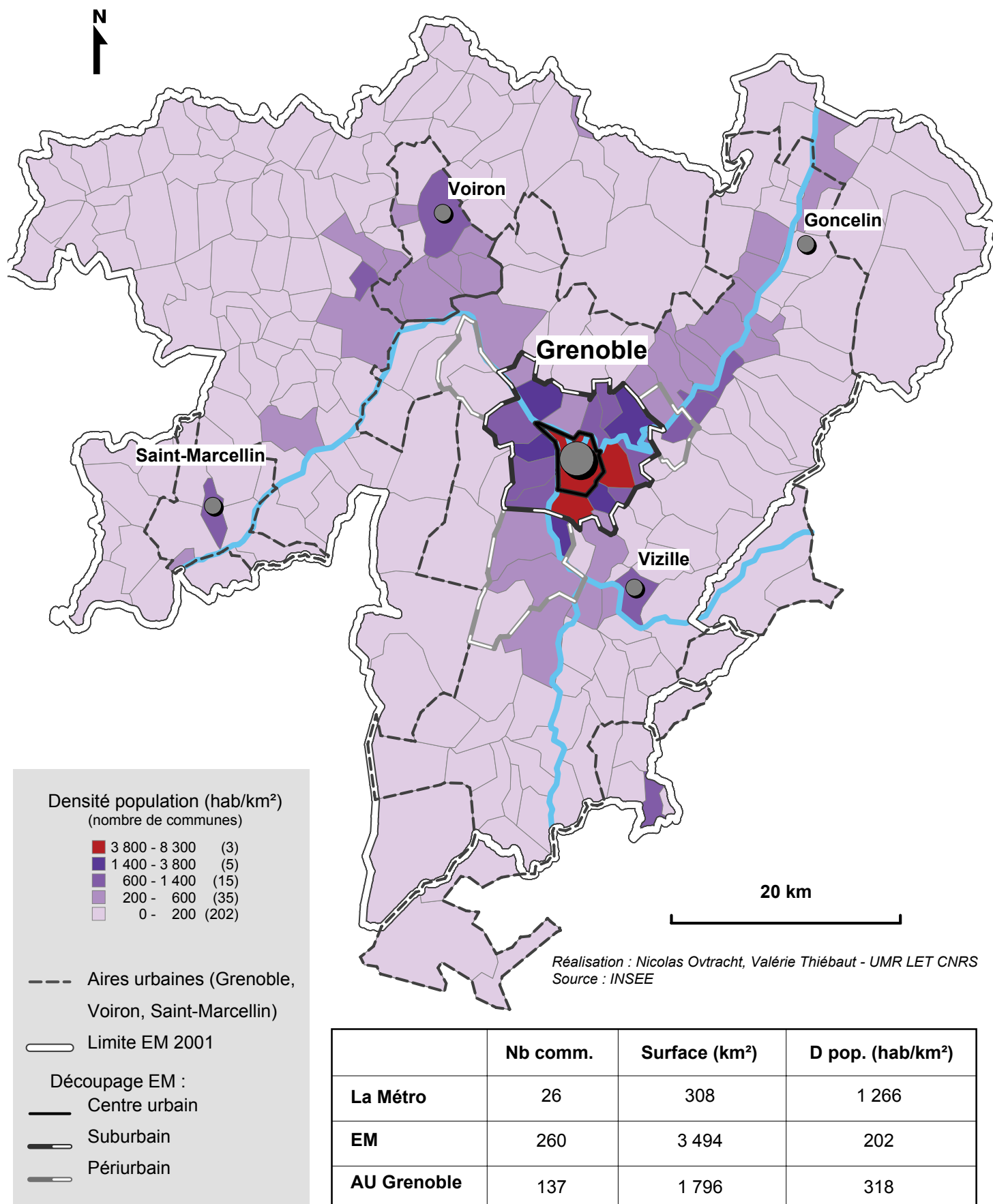
Carte A-4 : Aire urbaine de Strasbourg et découpage enquête ménage 1997



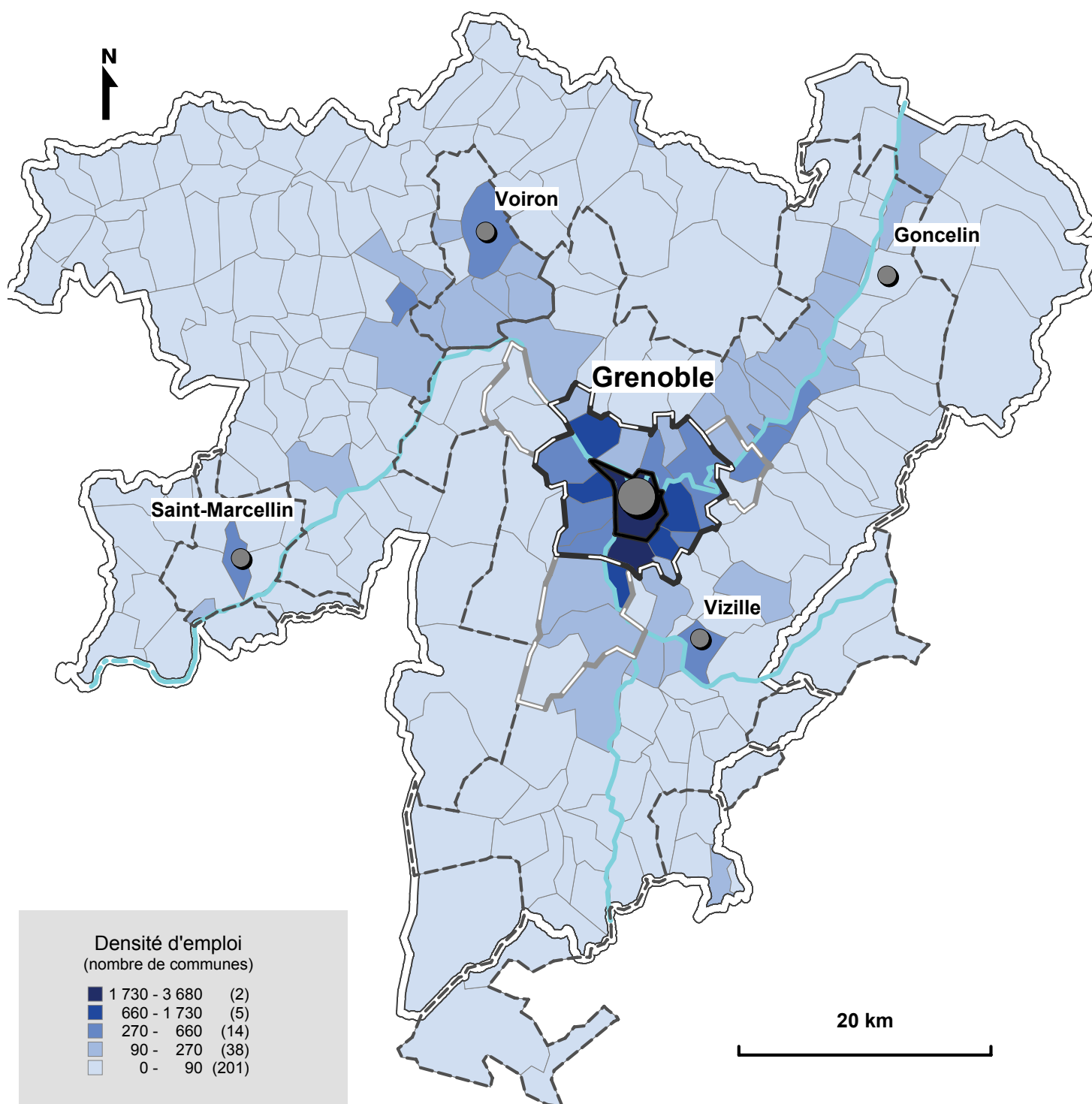
© Valérie Thiébaut, Nicolas OVTRACHT - UMR LET 5593 CNRS

	Limite EM 1997		Découpage EM 97 :
	Aire urbaine		Centre urbain
	Autoroute		Suburbain
			Périurbain

Carte A-5 : Densité de population RGP 99 : Grenoble



Carte A-6 : Densité d'emploi RGP 99 : Grenoble



Densité d'emploi
(nombre de communes)

1 730 - 3 680	(2)
660 - 1 730	(5)
270 - 660	(14)
90 - 270	(38)
0 - 90	(201)

--- Aires urbaines (Grenoble,
Voiron, Saint-Marcellin)

— Limite EM 2001

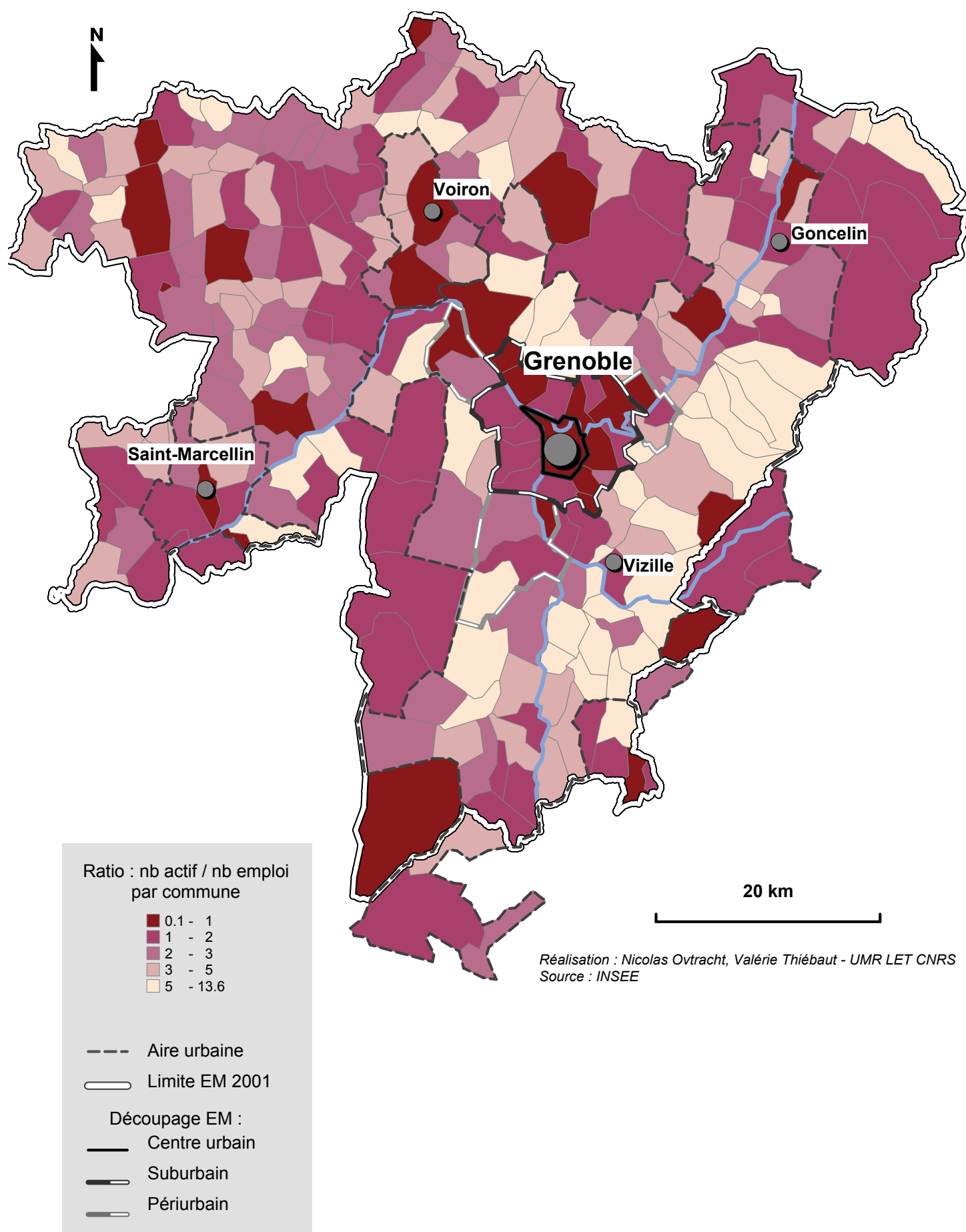
Découpage EM :

— Centre urbain
— Suburbain
— Périurbain

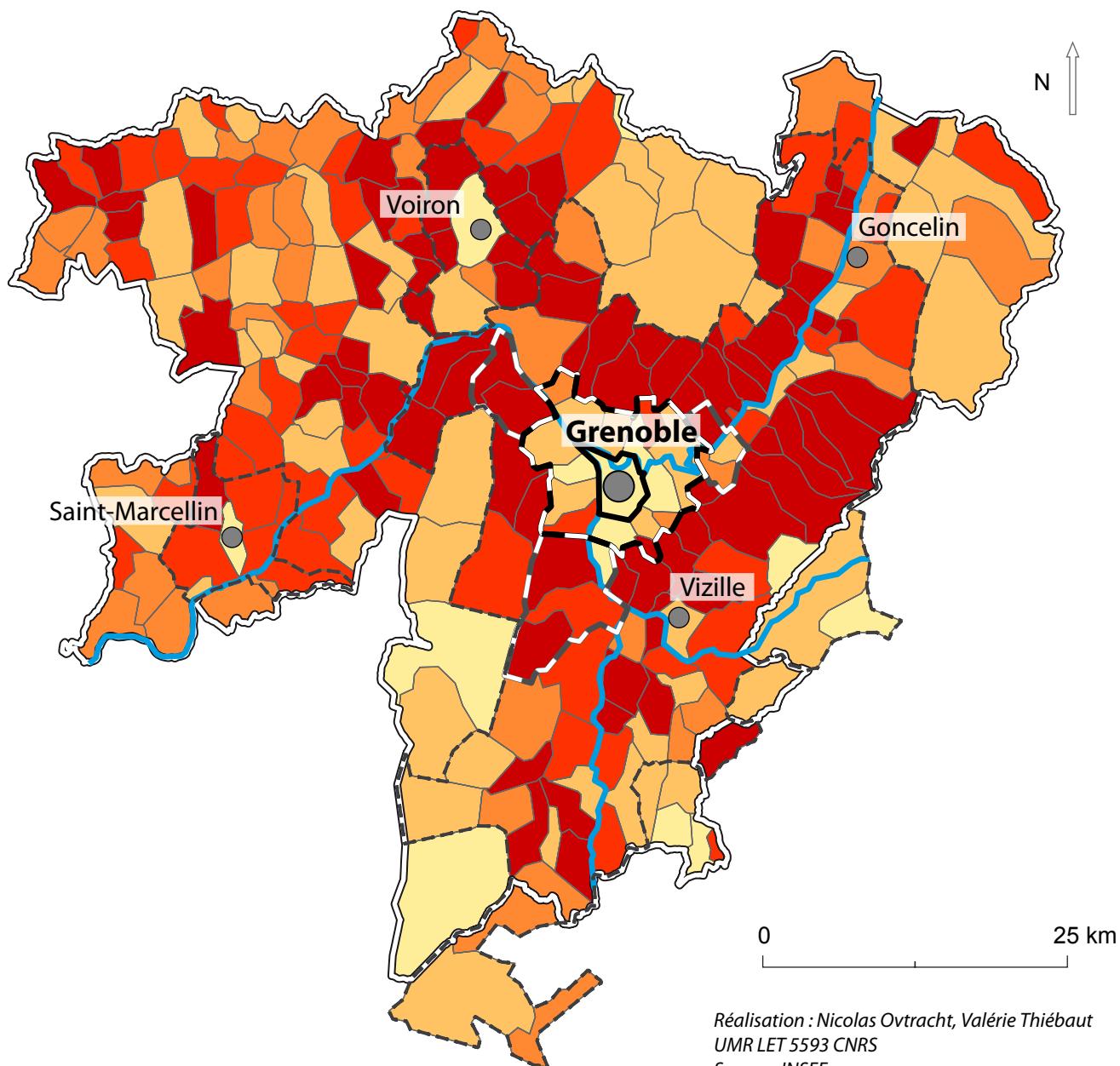
Réalisation : Nicolas Ovtracht, Valérie Thiébaud - UMR LET CNRS
Source : INSEE

	Nb comm.	Surface (km ²)	D. emploi (emploi / km ²)
La Métro	26	308	578
EM	260	3 494	93
AU Grenoble	137	1 796	146

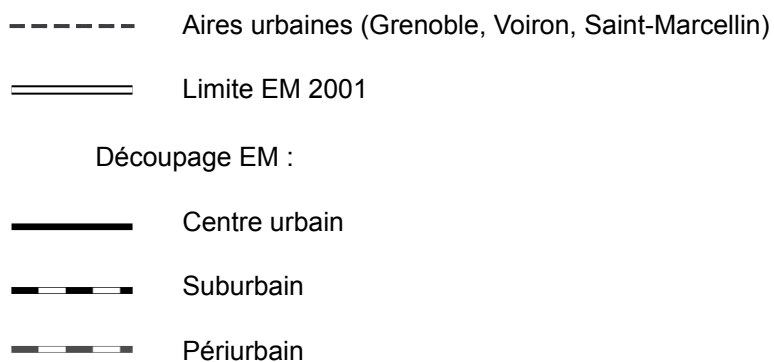
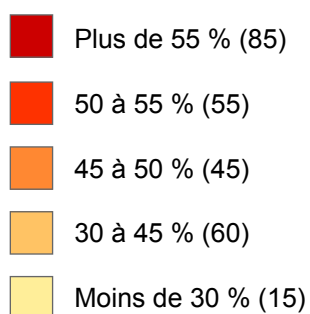
Carte A-7 : Rapport Actifs / Emplois au niveau communal : Grenoble



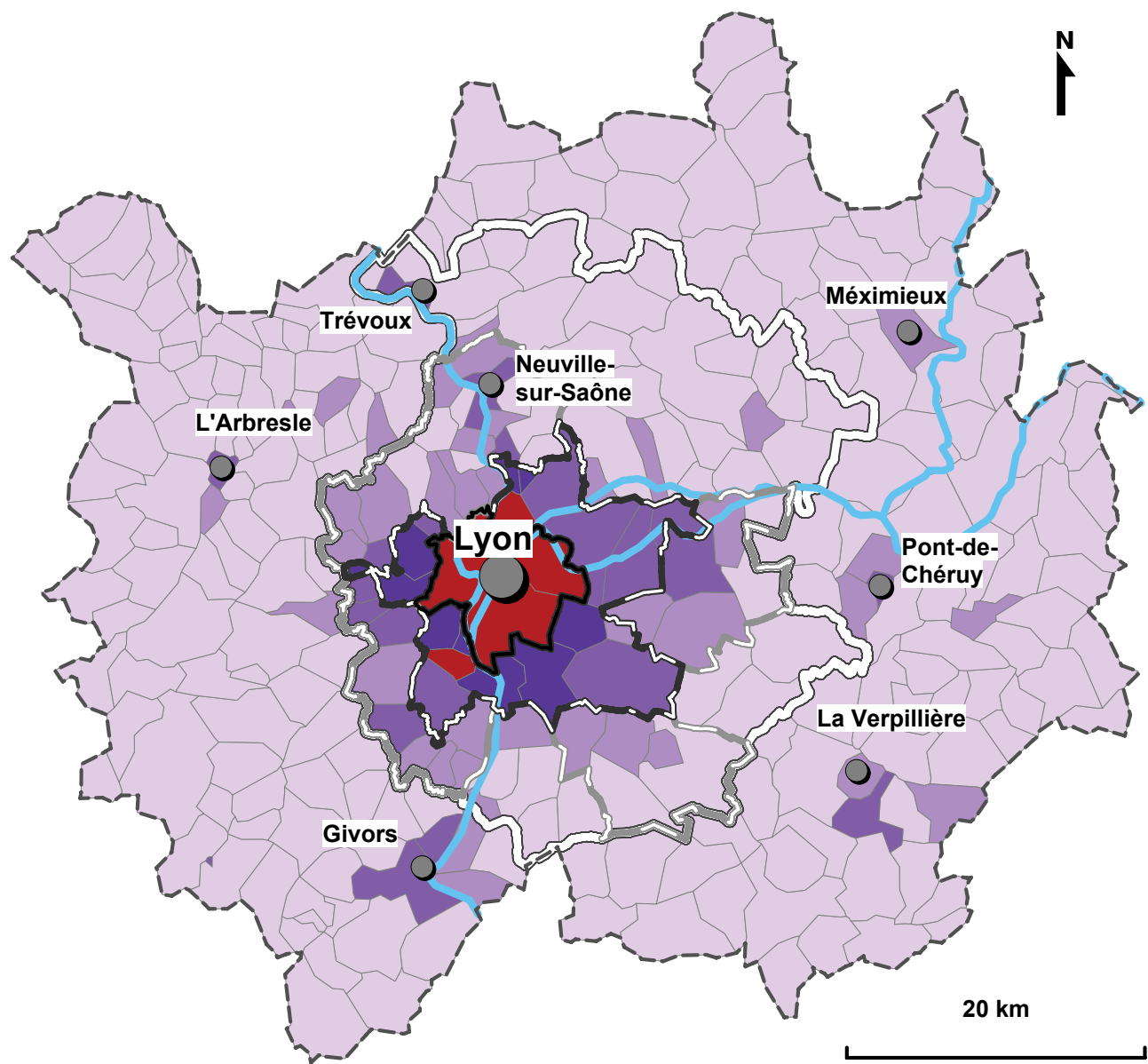
Carte A-8 : Ménages ayant 2 voitures ou plus : Grenoble



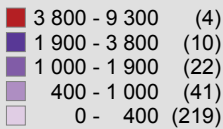
Part des ménages ayant 2 voitures ou plus
(nombre de communes)



Carte A-9 : Densité de population RGP 99 : Lyon



Densité population (hab/km²)
(nombre de communes)

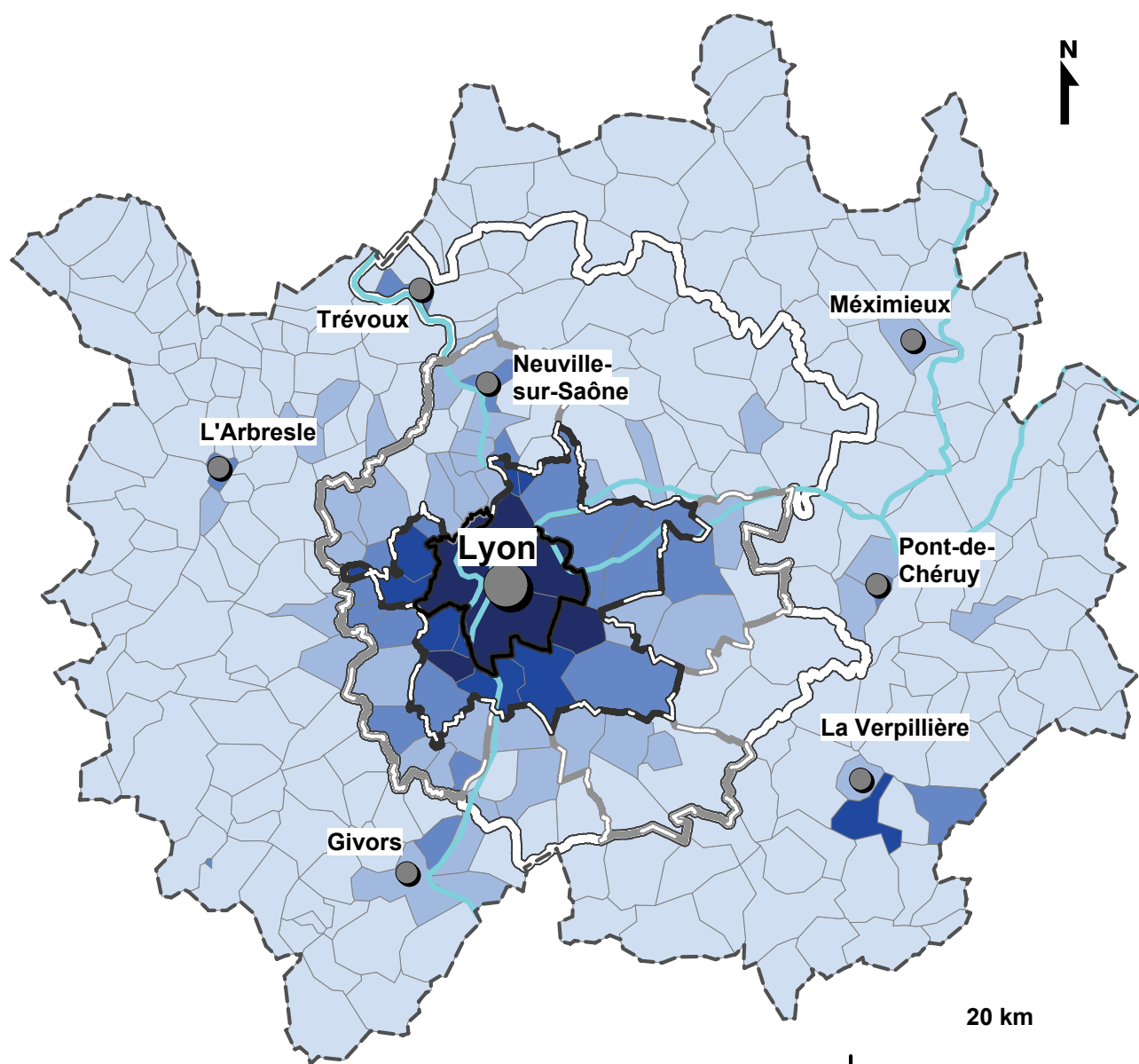


--- Aire urbaine
— Limite EM 1995
Découpage EM :
— Centre urbain
— Suburbain
— Périurbain

Réalisation : Nicolas Ovtracht, Valérie Thiébaut
- UMR LET CNRS
Source : INSEE

	Nb comm.	Surface (km ²)	D pop. (hab/km ²)
Grand Lyon	55	489	2 388
EM	99	1 054	1 235
AU Lyon	296	3 316	497

Carte A-10 : Densité d'emploi RGP 99 : Lyon



Densité d'emploi
(nombre de communes)

1 630 - 4 360	(5)
850 - 1 630	(10)
450 - 850	(21)
180 - 450	(45)
0 - 180	(215)

--- Aire urbaine

— Limite EM 1995

Découpage EM :

— Centre urbain

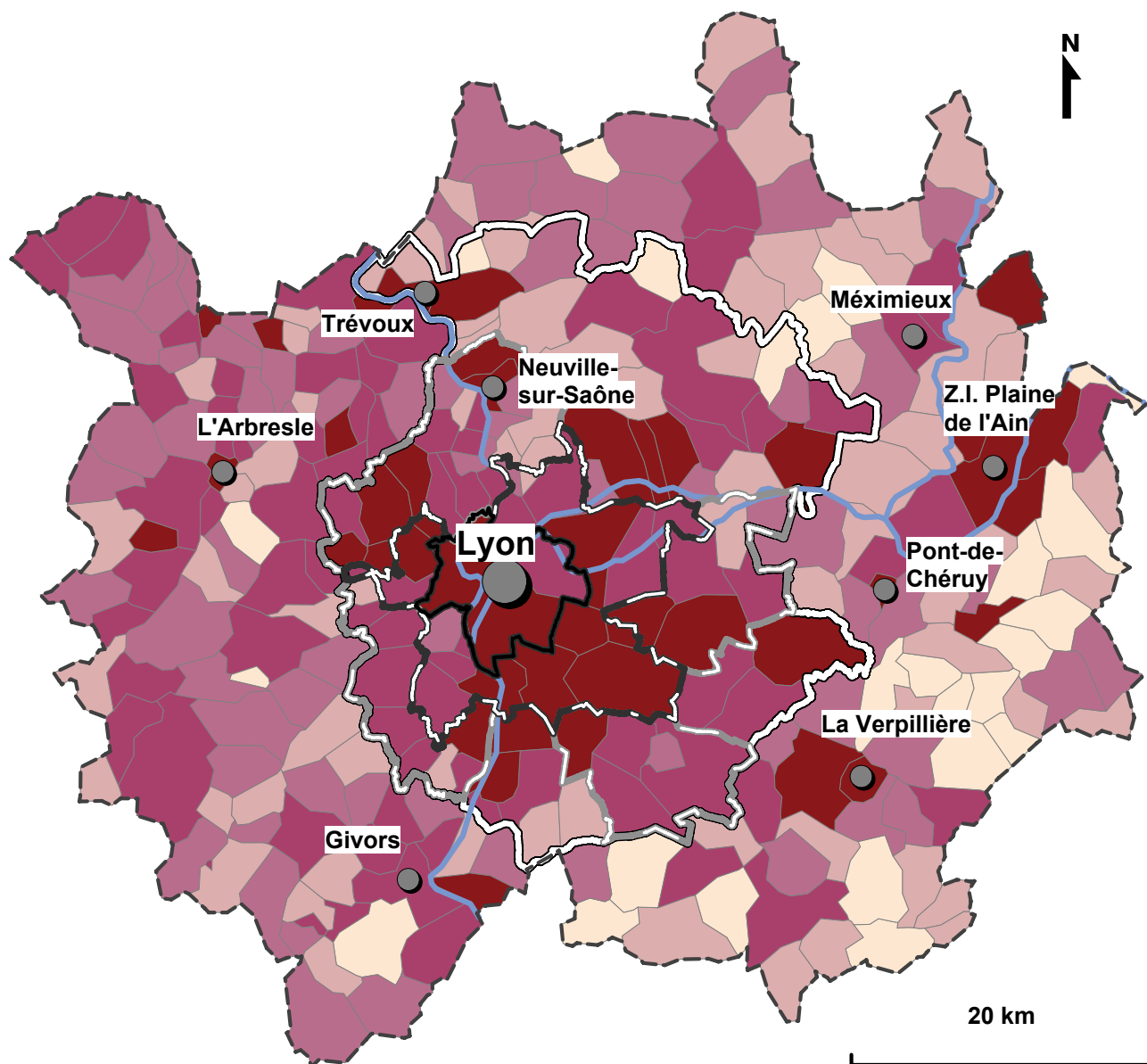
— Suburbain

— Périurbain

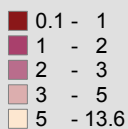
Réalisation : Nicolas Ovtracht, Valérie Thiébaut
- UMR LET CNRS
Source : INSEE

	Nb comm.	Surface (km ²)	D. emploi (emploi / km ²)
Grand Lyon	55	489	1 100
EM	99	1 054	571
AU Lyon	296	3 316	231

Carte A-11 : Rapport Actifs / Emplois au niveau communal : Lyon



Ratio : nb actif / nb emploi
par commune



--- Aire urbaine

— Limite EM 1995

Découpage EM :

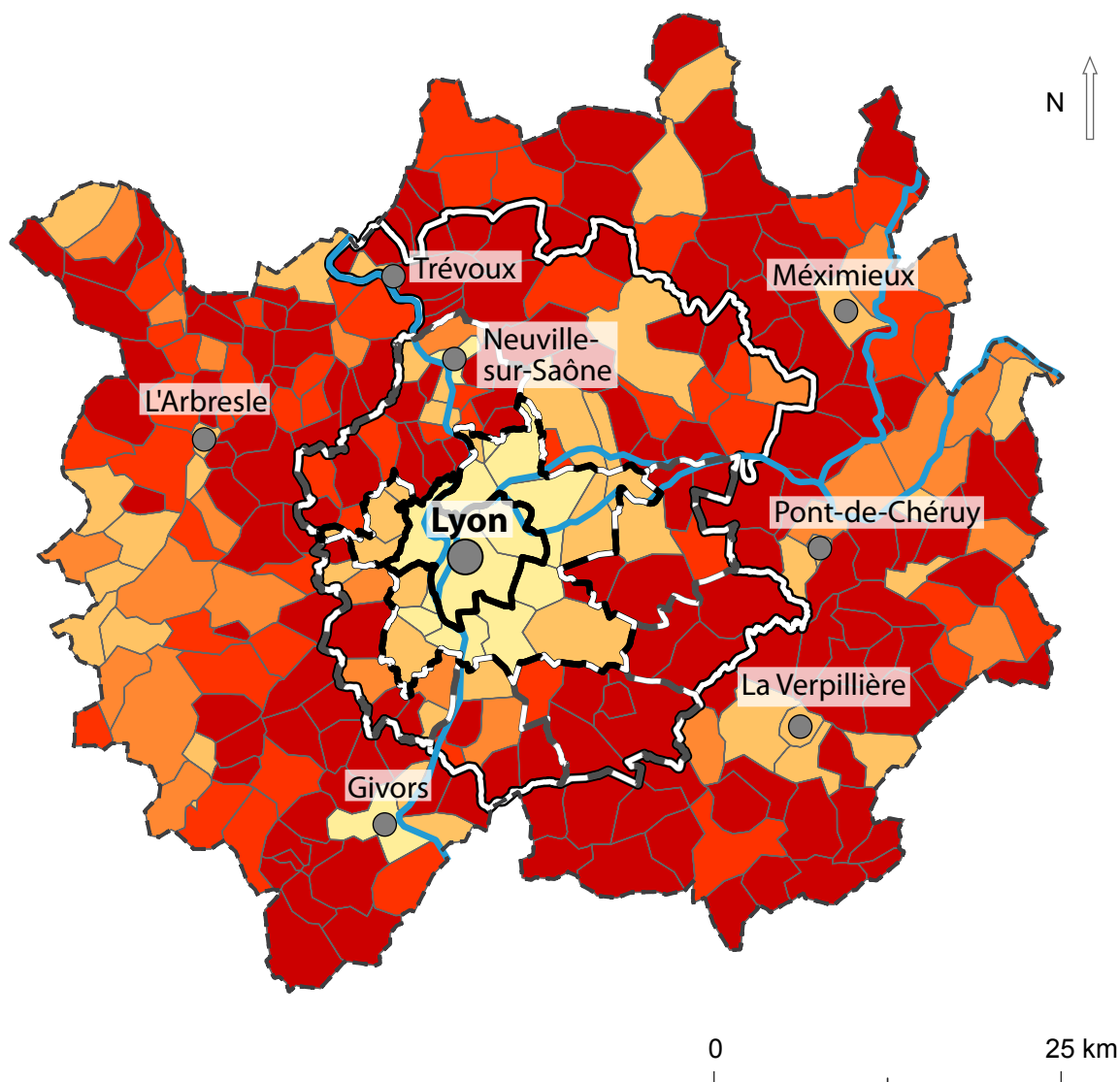
— Centre urbain

— Suburbain

— Périurbain

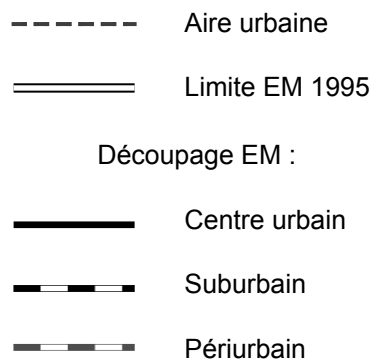
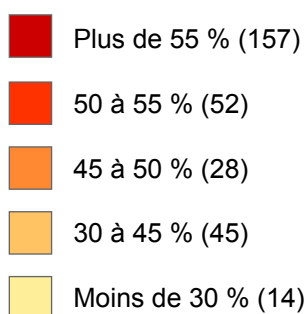
Réalisation : Nicolas Ovtracht, Valérie Thiébaut - UMR LET CNRS
Source : INSEE

Carte A-12 : Ménages ayant 2 voitures ou plus : Lyon

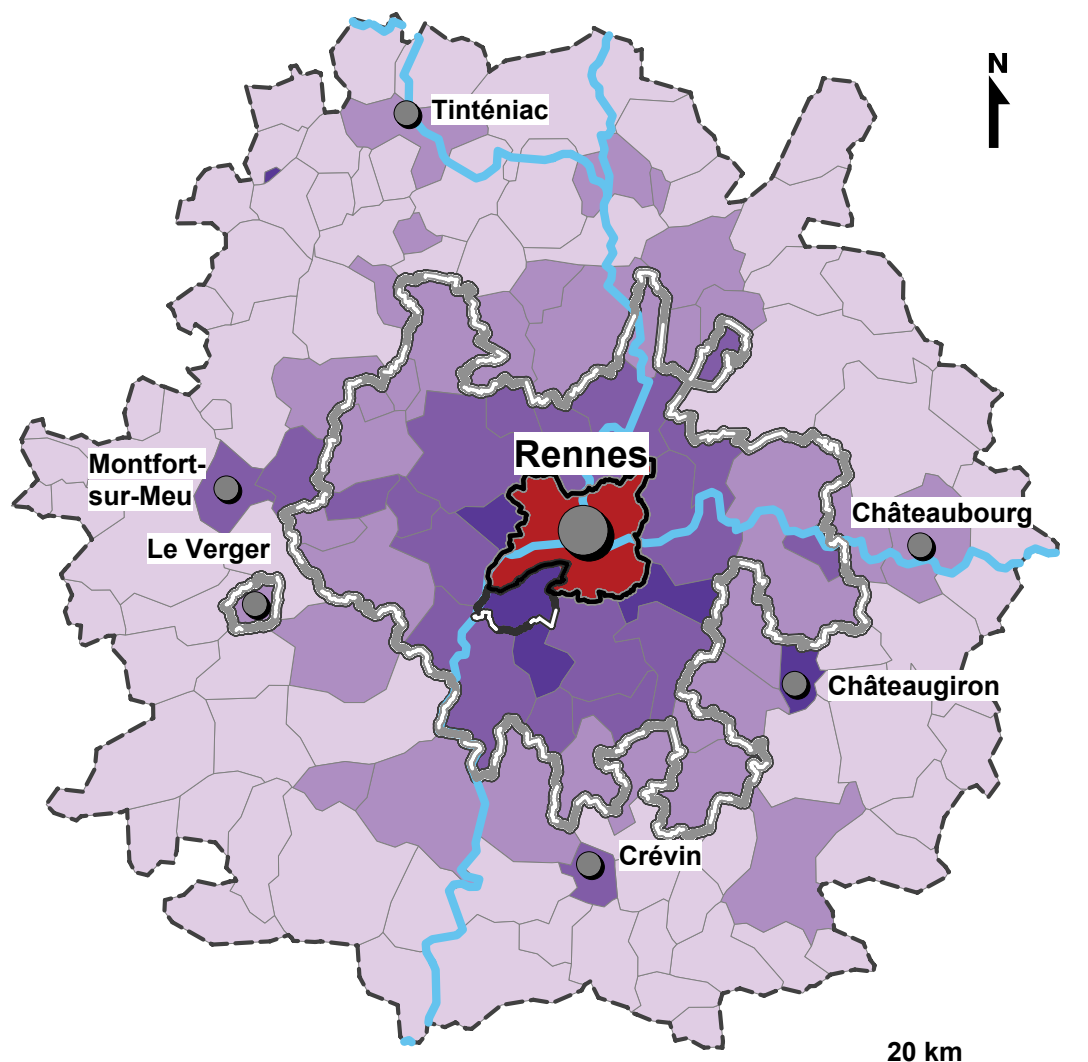


Réalisation : Nicolas Ovtracht, Valérie Thiébaud
UMR LET 5593 CNRS
Source : INSEE

Part des ménages ayant 2 voitures ou plus
(nombre de communes)



Carte A-13 : Densité de population RGP 99 : Rennes



Réalisation : Nicolas Ovtracht, Valérie Thiébaut - UMR LET CNRS
Source : INSEE

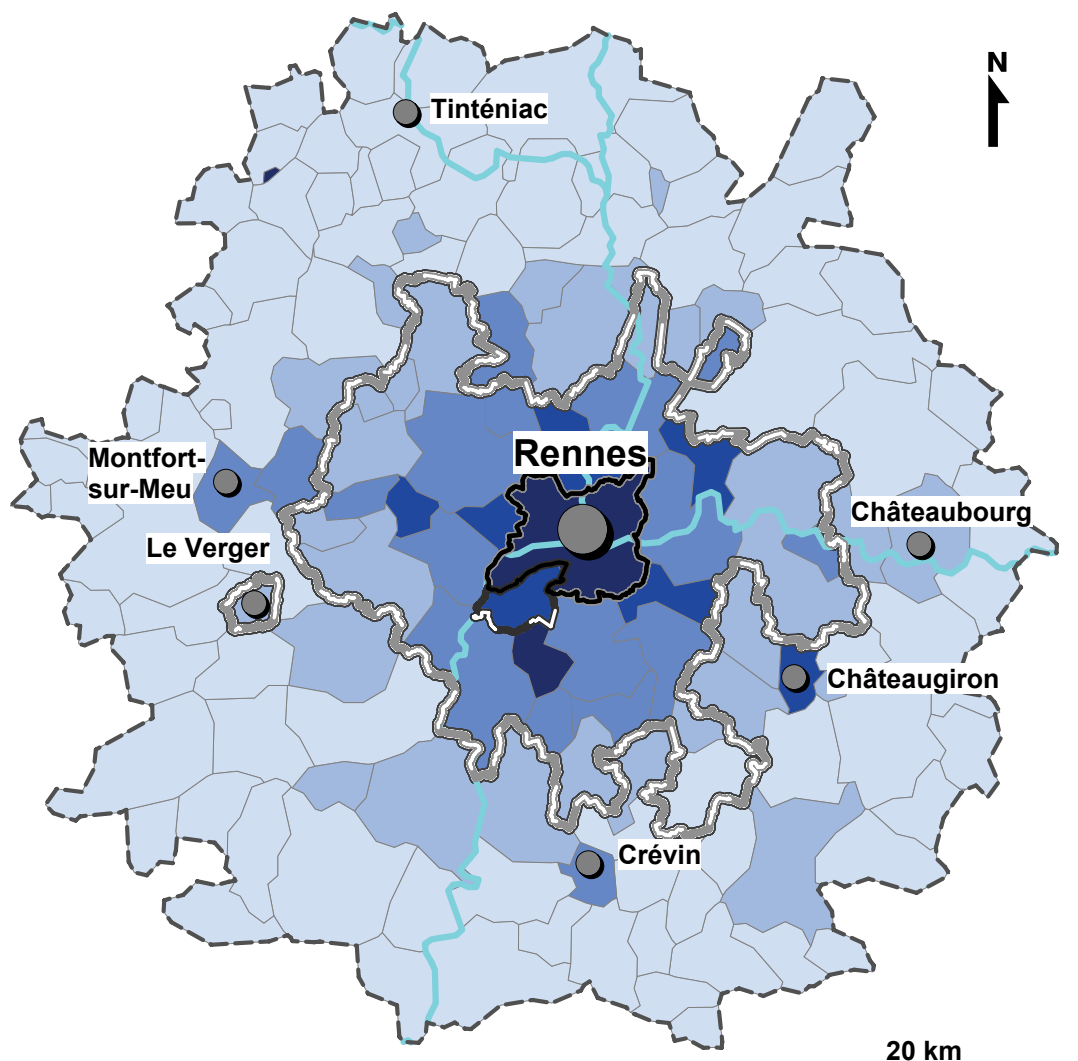
Densité population (hab/km²)
(nombre de communes)

1 400 - 4 000	(1)
500 - 1 400	(7)
200 - 500	(20)
100 - 200	(36)
0 - 100	(76)

--- Aire urbaine
— Limite EM 2000
Découpage EM :
— Centre urbain
— Suburbain
— Périurbain

	Nb comm.	Surface (km ²)	D pop. (hab/km ²)
Rennes Métropole	37	611	597
EM	36	609	599
AU Rennes	140	2 549	204

Carte A-14 : Densité d'emploi RGP 99 : Rennes



Réalisation : Nicolas Ovtracht, Valérie Thiébaut - UMR LET CNRS
Source : INSEE

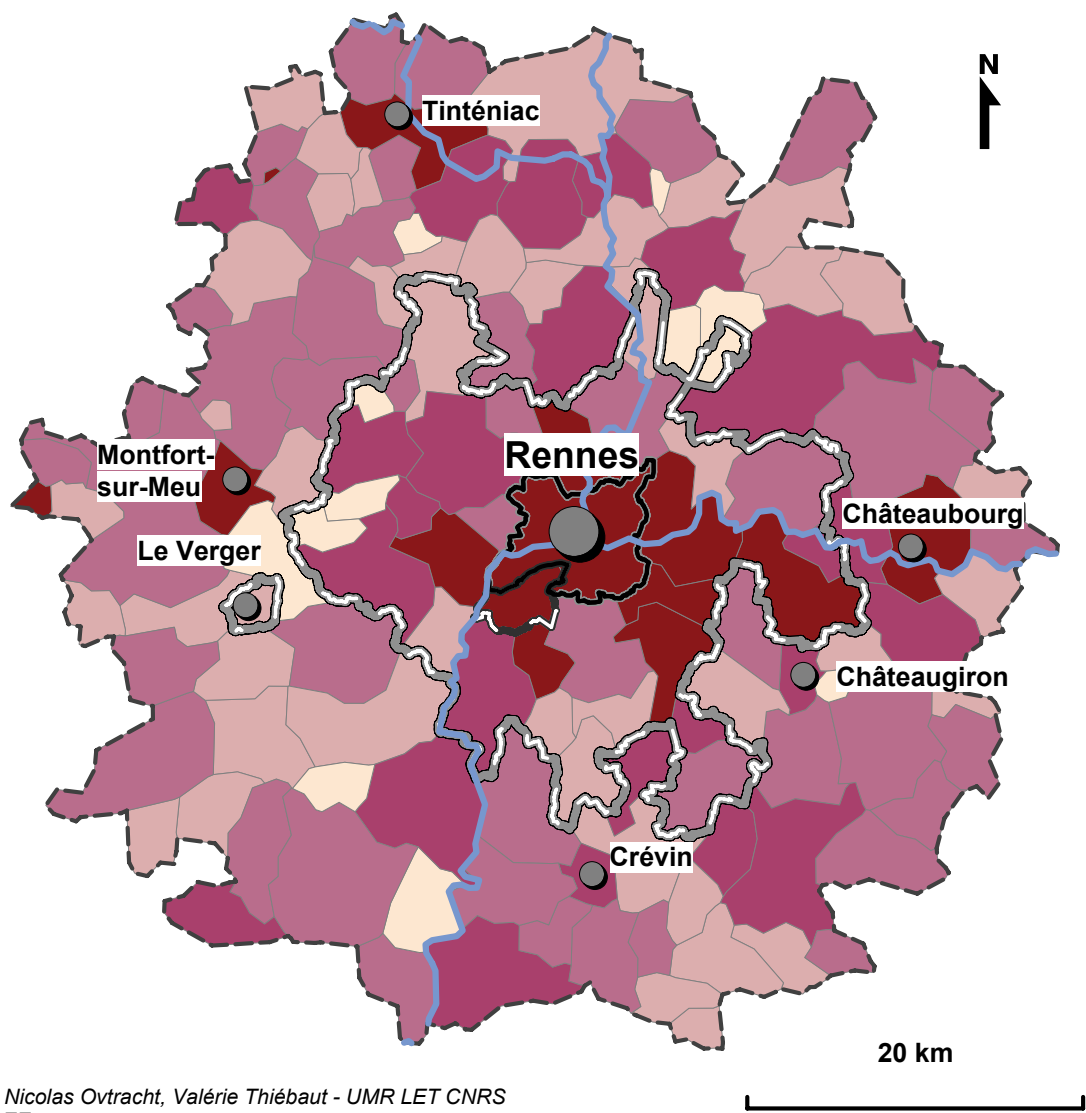
Densité d'emploi
(nombre de communes)

340 - 1 760	(3)
210 - 340	(8)
100 - 210	(18)
50 - 100	(32)
0 - 50	(79)

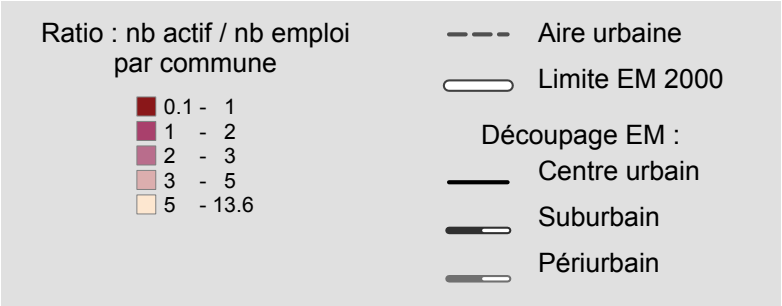
- Aire urbaine
- Limite EM 2000
- Découpage EM :
- Centre urbain
- Suburbain
- Périurbain

	Nb comm.	Surface (km²)	D. emploi (emploi / km²)
Rennes Métropole	37	611	275
EM	36	609	276
AU Rennes	140	2 549	95

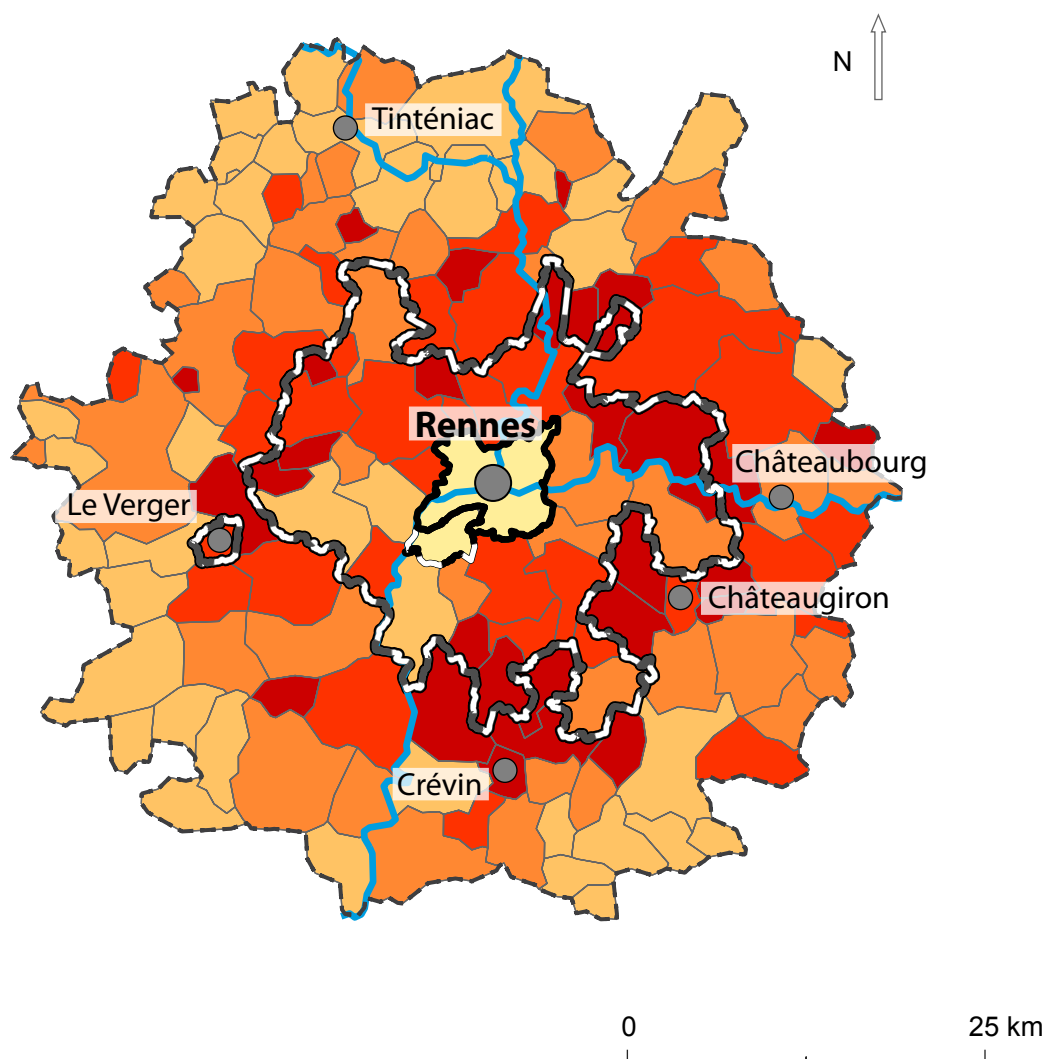
Carte A-15 :
Rapport Actifs / Emplois au niveau communal : Rennes



Réalisation : Nicolas Ovtracht, Valérie Thiébaut - UMR LET CNRS
Source : INSEE

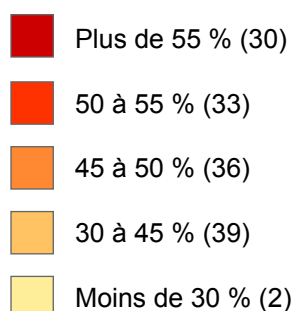


Carte A-16 : Ménages ayant 2 voitures ou plus : Rennes



Réalisation : Nicolas Ovtracht, Valérie Thiébaut
 UMR LET 5593 CNRS
 Source : INSEE

Part des ménages ayant 2 voitures ou plus
 (nombre de communes)



----- Aire urbaine

==== Limite EM 2000

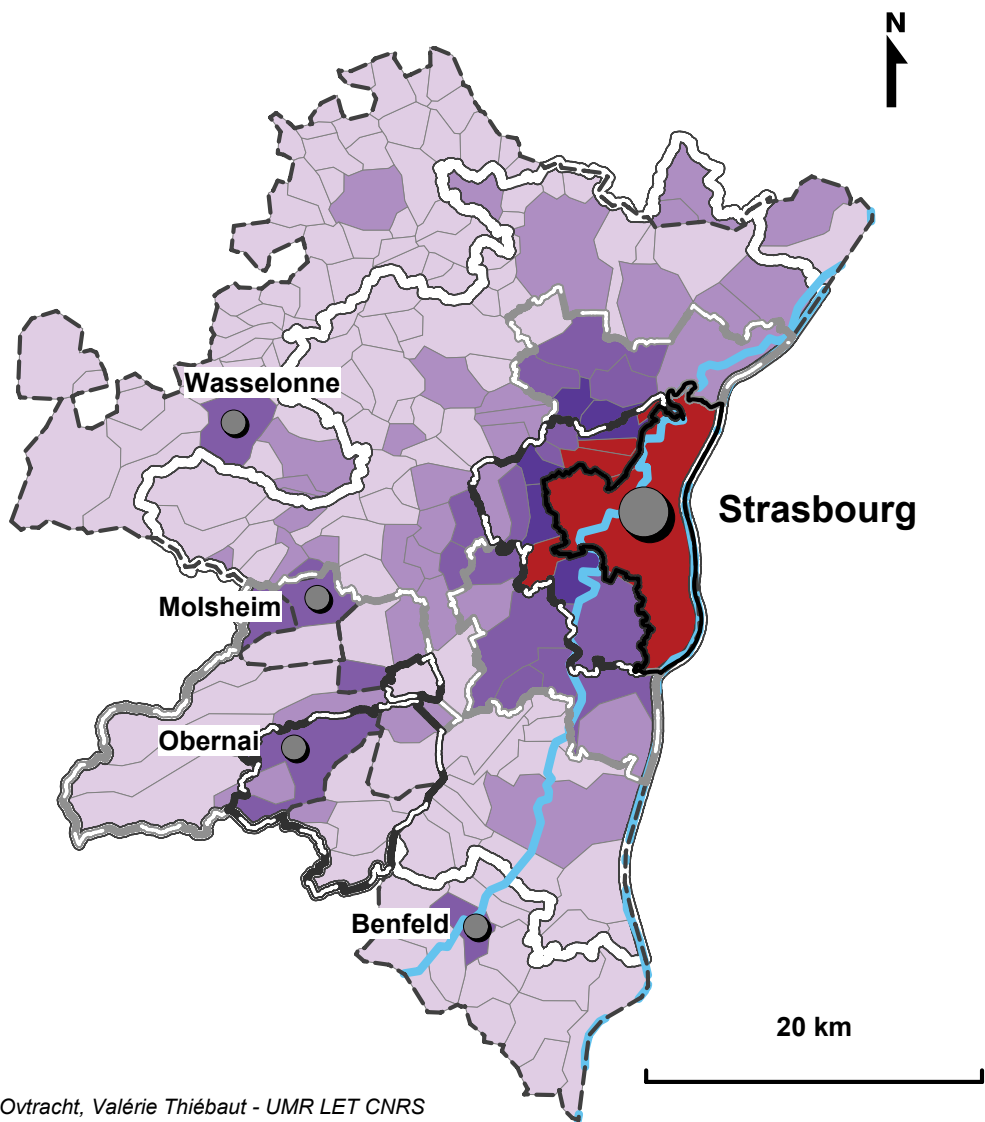
Découpage EM :

— Centre urbain

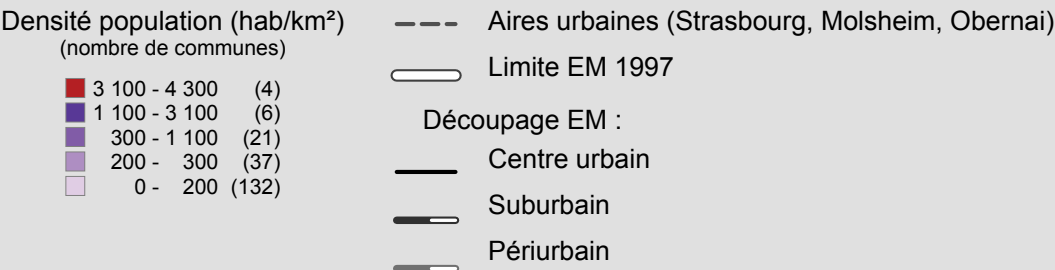
— Suburbain

— Périurbain

Carte A-17 : Densité de population RGP 99 : Strasbourg

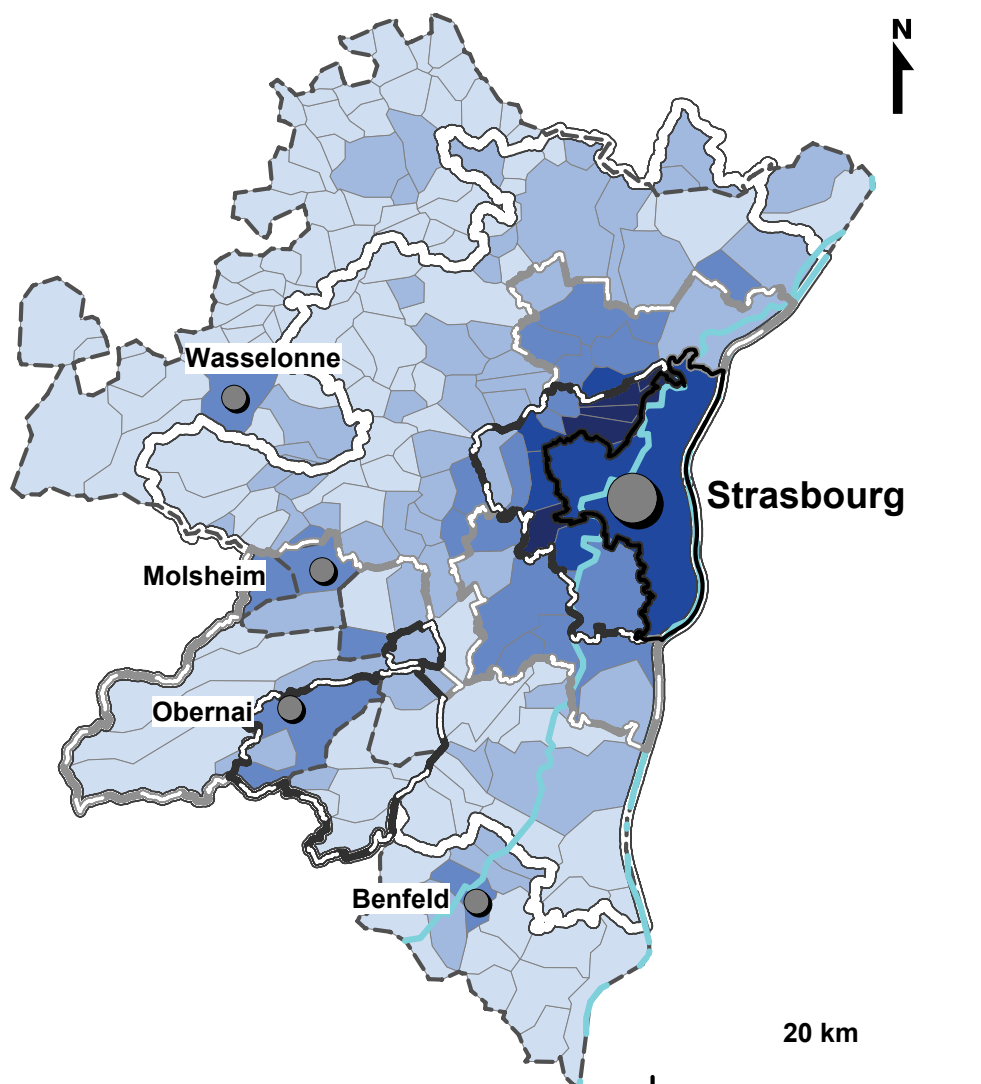


Réalisation : Nicolas Ovtracht, Valérie Thiébaut - UMR LET CNRS
Source : INSEE



	Nb comm.	Surface (km ²)	D pop. (hab/km ²)
CUS	28	314	1 442
EM	112	1 107	544
AU Strasbourg	186	1 415	449

Carte A-18 : Densité d'emploi RGP 99 : Strasbourg



Réalisation : Nicolas Ovtracht, Valérie Thiébaut - UMR LET CNRS
Source : INSEE

Densité d'emploi
(nombre de communes)

1 540 - 2 170	(4)
560 - 1 540	(5)
150 - 560	(23)
80 - 150	(55)
0 - 80	(113)

--- Aires urbaines (Strasbourg, Molsheim, Obernai)

— Limite EM 1997

Découpage EM :

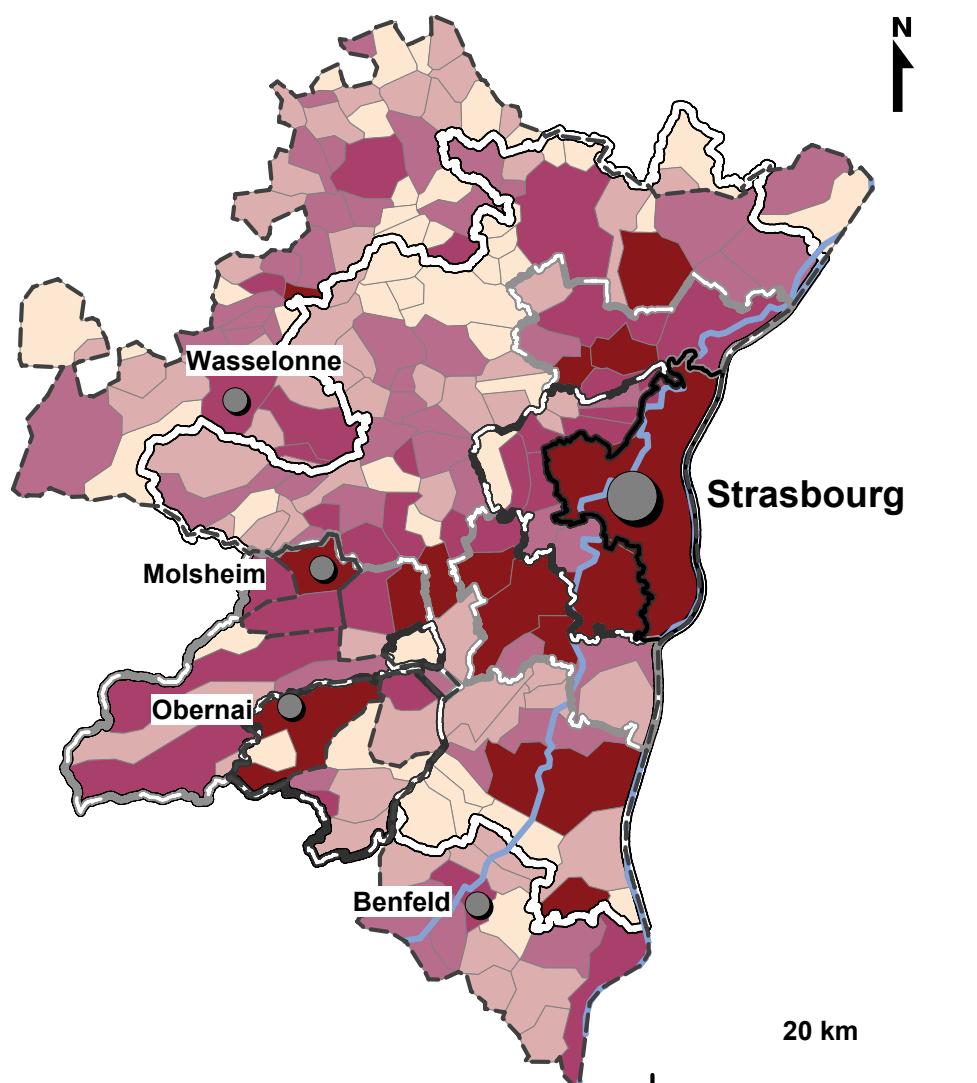
— Centre urbain

— Suburbain

— Périurbain

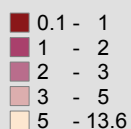
	Nb comm.	Surface (km ²)	D. emploi (emploi / km ²)
CUS	28	314	249
EM	112	1 107	259
AU Strasbourg	186	1 415	214

Carte A-19 : Rapport Actifs / Emplois au niveau communal : Strasbourg



Réalisation : Nicolas Ovtracht, Valérie Thiébaut - UMR LET CNRS
Source : INSEE

Ratio : nb actif / nb emploi
par commune



--- Aires urbaines Strasbourg, Molsheim, Obernai)

— Limite EM 1997

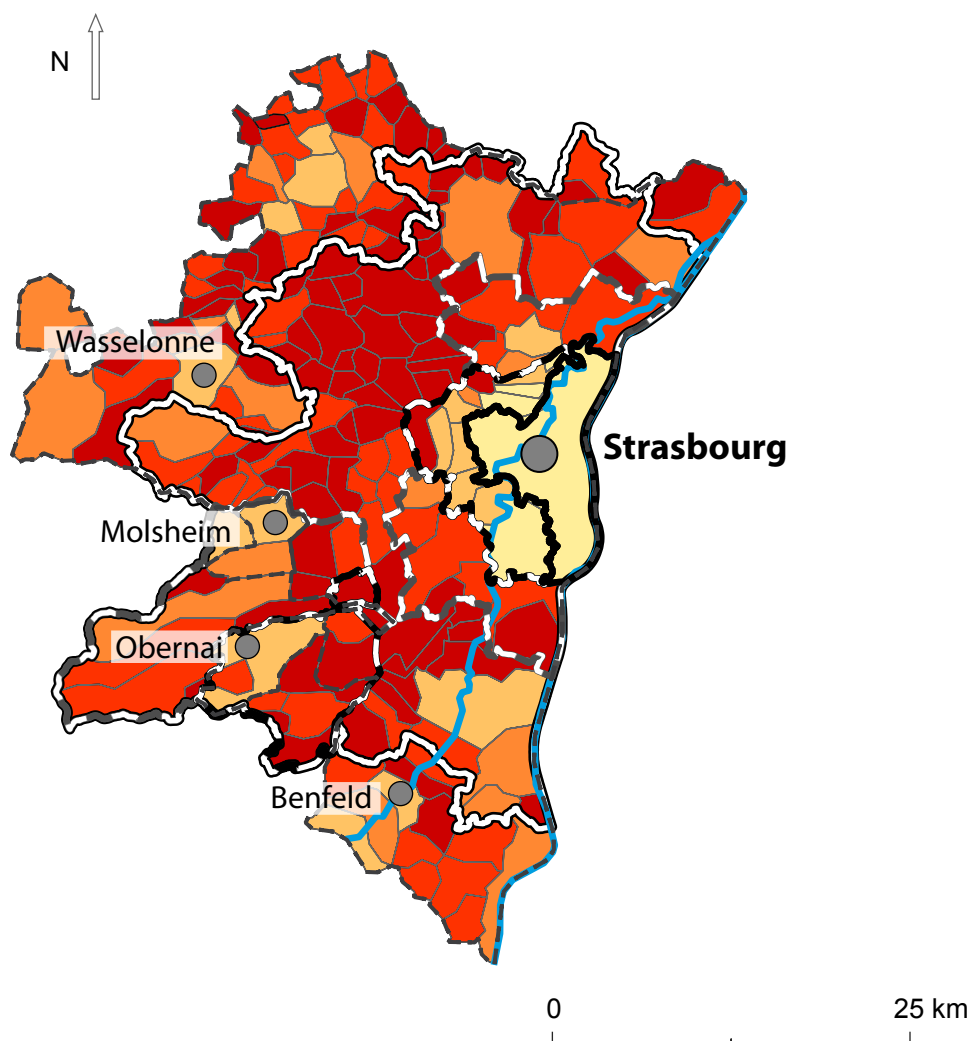
Découpage EM :

— Centre urbain

— Suburbain

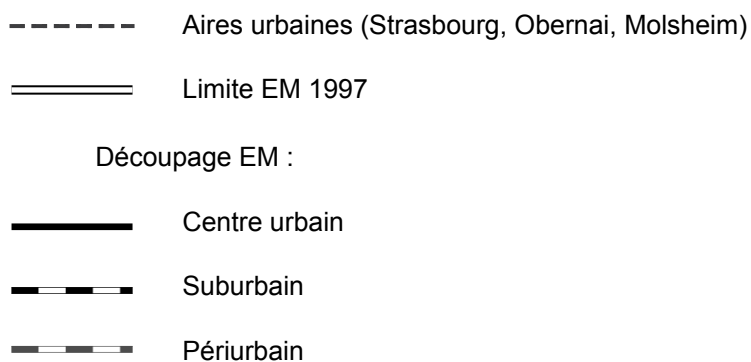
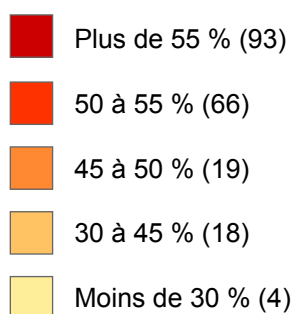
— Périurbain

Carte A-20 : Ménages ayant 2 voitures ou plus : Strasbourg



Réalisation : Nicolas Ovtracht, Valérie Thiébaut
 UMR LET 5593 CNRS
 Source : INSEE

Part des ménages ayant 2 voitures ou plus
 (nombre de communes)



Liste des tableaux

Tableaux de la partie 1

Tableau I-1 : Critères de périurbanisation et de ségrégation	11
Tableau I-2 : Données structurelles de base	13
Tableau I-3 : Offre de stationnement dans le centre-ville en 1993-1994	24
Tableau I-4 : Evolution des parkings clients dans le centre-ville de Zurich, 1990-2002	37
Tableau I-5 : Offre de stationnement dans le centre-ville 1993-1994	40
Tableau I-6 : Type d'organisation des réseaux de transports (à l'époque des dernières enquêtes)	48
Tableau I-7 : Etendue des réseaux de transport au début de la période étudiée	48
Tableau I-8 : Principaux changements affectant l'accessibilité durant la période étudiée	49
Tableau I-9 : Eléments de comparabilité des Enquêtes-Ménages Déplacement et du Microrecensement	53
Tableau I-10 : Exemple de motifs de déplacements relevés dans les Enquêtes Ménages : l'EMD de Lyon 1995	62

Tableaux de la partie 2

Tableau II-1 : Budgets-temps de transport et nombres de déplacements moyens et médians par agglomération	67
Tableau II-2 : Budgets-temps de transport selon la localisation résidentielle	69
Tableau II-3 : Part modales et Temps de transport selon le mode	71
Tableau II-4 : Temps moyen par déplacement et part modale des résidents en zone centre	72
Tableau II-5 : Temps par déplacement et part modale des résidents en zone suburbaine	73
Tableau II-6 : Temps par déplacement et part modale des résidents en zone périurbaine	76
Tableau II-7 : Budgets-temps de transport selon le jour de déplacement	78
Tableau II-8 : Budgets-temps de transport moyens selon le genre et le genre croisé avec le statut professionnel	83
Tableau II-9 : Budgets-temps de transport moyens selon la classe d'âge	84
Tableau II-10 : Budgets-temps de transport selon le statut professionnel	85
Tableau II-11 : Budgets-temps de transport selon la taille du ménage	86
Tableau II-12 : Budgets-temps de transport selon le nombre d'enfants et selon la structure familiale	87
Tableau II-13 : Budgets-temps de transport selon la classe de revenu	88

Tableau II-14 : Budgets-temps de transport selon la possession du permis de conduire et selon le taux de motorisation du ménage	90
---	----

Tableaux de la partie 3

Tableau III-1 : Estimation des ratios des budgets-temps	101
Tableau III-2 : Estimation des ratios du budget-temps de transport sur les budgets-temps d'activité	102
Tableau III-3 : Tests de normalité des distributions des budgets-temps de transport observés pour l'EM de Lyon 1995	114
Tableau III-4 : Distributions des résidus et distributions des durées	144
Tableau III-5 : Distributions obtenues par restrictions de la distribution gamma généralisée	148
Tableau III-6 : Estimation du modèle de Cox général	151
Tableau III-7 : Estimation du modèle de Cox – Sélection stepwise	154
Tableau III-8a : Vraisemblances des modèles estimés sur l'ensemble S3	155
Tableau III-8b : Statistiques de test du rapport de vraisemblances	155
Tableau III-9 : Modèle paramétrique log-logistique	158
Tableau III-10 : Quantiles estimés pour une distribution log-logistique	159
Tableau III-11 : Ratio des survies médianes estimées et effets estimés sur le temps médian estimé	160
Tableau III-12 : Intensité transport des activités	162

Tableaux de l'annexe

Tableau A-1 : Echantillon par ville	194
Tableau A-2 : Indicateurs de la distribution des BTT pour chaque agglomération	195
Tableau A-3 : Nombre de déplacements selon la localisation résidentielle	196
Tableau A-4 : Part de marché des modes sur l'ensemble des déplacements	197
Tableau A-5 : Tableau des effets sur le budget-temps de transport	198
Tableau A-6 - Récapitulatif des modèles de durées appliqués à l'analyse des programmes d'activités	203

Listes des graphiques

Graphique I-1 : Répartition de l'offre de stationnement par zone tarifaire en 2004	19
Graphique I-2 : Nombre de places totales de stationnement en ouvrage à Strasbourg	32
Graphique I-3 : Nombre de places de stationnement payant sur voirie à Strasbourg	33
Graphique III-1 : Schématisation des interviewés selon le sexe et l'âge	168

Listes des figures

Figure III-1 : La censure de données de durées	113
Figure III-2 : Exemple de formes des fonctions de densité, de distribution, de hasard et de survie	199
Figure III-3 : Détermination de la survie médiane résiduelle	123
Figure III-4 : Présence d'arrondis dans les temps de transport déclarés	125
Figures III-5 (a et b) : Courbes de survie et de hasard pour le budget-temps de transport pour Lyon	126
Figures III-5 (c et d) : Courbes de survie et de hasard pour le budget-temps de transport pour Grenoble	126
Figure III-5 (e et f) : Courbes de survie et de hasard pour le budget-temps de transport pour Rennes	126
Figures III-5 (g et h) : Courbes de survie et de hasard pour le budget-temps de transport pour Strasbourg	127
Figures III-6 : Hasard et survie estimés et leurs intervalles de confiance à 95%	127
Figures III-7 (a,b,c) : Courbes des transformations du hasard intégré estimé ($-\text{Log}(S)$; $\text{Log}(-\text{Log}(S))$; $\text{Log}(\text{Exp}(-\text{Log}(S)))$)	128
Figures III-8 (a et b) : Budget-temps de transport médian résiduel estimé en min pour Lyon	129
Figures III-8 (c et d) : Budget-temps de transport médian résiduel estimé en min pour Grenoble	130
Figures III-8 (e et f) : Budget-temps de transport médian résiduel estimé en min pour Rennes	130
Figures III-8 (g et h) : Budget-temps de transport médian résiduel estimé en min pour Strasbourg	131
Figure III-9 : Survie médiane résiduelle estimée et intervalle de confiance à 95% pour Lyon 1995	131
Figures III-10 : Courbes de survies selon la ville et la période	132
Figure III-11 : Survie selon la zone de résidence pour Rennes 2000	134
Figures III-12 : Courbes de survies par variables de classification	135
Figure III-13 : Illustration de hasards proportionnels	141

Figure III-14 : Test de proportionnalité par les logarithmes des hasards	141
Figure III-15 : Exemples de formes de hasard correspondant aux distributions : exponentielle ($h_1(t)$), Weibull ($h_2(t)$, $h_3(t)$, $h_4(t)$), log-logistique ($h_5(t)$)	144
Figures III-16 : Résidus de Cox-Snell	157
Figure III-17 : Hasard log-logistique et survie estimés	161

Liste des cartes

Cartes de la partie 1

Carte I-1 : Evolution des infrastructures de transport de Zurich entre 1970 et 2003	34
Carte I-2 : Aire urbaine de Grenoble et découpage Enquête Ménage Déplacement 1992 et 2001	58
Carte I-3 : Aire urbaine de Lyon et découpage Enquête Ménage Déplacement 1985 et 1995	59
Carte I-4 : Aire urbaine de Rennes et découpage Enquête Ménage Déplacement 1991 et 2000	60
Carte I-5 : Aire urbaine de Strasbourg et découpage Enquête Ménage Déplacement 1988 et 1997	61

Cartes de la partie 3

Carte III-1 : Budget Temps de Transport selon la zone de résidence – découpage de Lyon EMD 1995 en 7 zones	181
Carte III-2 : Budgets-Temps de Transports moyens (BTT) et nombre de déplacements moyen par zone : Grenoble (découpage EMD en 87 zones)	182
Carte III-2b : Budgets-Temps de Transports moyens (BTT) et nombre de déplacements moyen par zone : Grenoble (découpage EMD en 87 zones)	182

Cartes des annexes

Carte A-1 : Aire urbaine de Grenoble et découpage enquête ménage 2001	208
Carte A-2 : Aire urbaine de Lyon et découpage enquête ménage 1995	209
Carte A-3 : Aire urbaine de Rennes et découpage enquête ménage 2000	210
Carte A-4 : Aire urbaine de Strasbourg et découpage enquête ménage 1997	211
Carte A-5 : Densité de population RGP 99 : Grenoble	212
Carte A-6 : Densité d'emploi RGP 99 : Grenoble	213
Carte A-7 : Rapport Actifs / Emplois au niveau communal : Grenoble	214
Carte A-8 : Ménages ayant 2 voitures ou plus : Grenoble	215
Carte A-9 : Densité de population RGP 99 : Lyon	216

Carte A-10 : Densité d'emploi RGP 99 : Lyon	217
Carte A-11 : Rapport Actifs / Emplois au niveau communal : Lyon	218
Carte A-12 : Ménages ayant 2 voitures ou plus : Lyon	219
Carte A-13 : Densité de population RGP 99 : Rennes	220
Carte A-14 : Densité d'emploi RGP 99 : Rennes	221
Carte A-15 : Rapport Actifs / Emplois au niveau communal : Rennes	222
Carte A-16 : Ménages ayant 2 voitures ou plus : Rennes	223
Carte A-17 : Densité de population RGP 99 : Strasbourg	224
Carte A-18 : Densité d'emploi RGP 99 : Strasbourg	225
Carte A-19 : Rapport Actifs / Emplois au niveau communal : Strasbourg	226
Carte A-20 : Ménages ayant 2 voitures ou plus : Strasbourg	227